













# ENGLISCH DEUTSCHE GEOLOGISCH-MINERALOGISCHE TERMINOLOGIE

Eine Einführung in die im Deutschen und Englischen  
in .Geologie, Mineralogie, Gesteinskunde und  
Lagerstättenkunde gebräuchlichen Ausdrücke

VON

**WILLIAM R. JONES** UND **DR. ARNOLD CISSARZ**

D.Sc. (Lond.), D.I.C., F.G.S., M.I.M.M.  
Lecturer in Geology,  
Royal School of Mines, London.

Privatdozent für Mineralogie und  
Gesteinskunde an der Universität  
Freiburg i. Breisgau.

LONDON: THOMAS MURBY & CO., 1, FLEET LANE, E.C.4

LEIPZIG MAX WEG, KÖNIGSTRASSE, 3

NEW YORK: D. VAN NOSTRAND CO., 250, FOURTH AVENUE

1921

PRINTED IN GREAT BRITAIN  
BY  
THE WOODBRIDGE PRESS, LTD.  
GUILDFORD.



## PREFACE

The object of this book is primarily to aid English-speaking and German students to acquire a knowledge of the chief terms used in the language foreign to them, in geological subjects. The authors hope, also, that parts of the book will prove useful to fellow geologists.

Usually, the student has gained an elementary knowledge of the foreign language at school. The authors presume, therefore, that he knows its fundamental principles, but that he does not know the special terms used in these subjects. Such terms are not included in ordinary dictionaries; and even in technical dictionaries most of them are either not given or, as is frequently the case, not fully explained. The authors believe, therefore, that it will be helpful to give students the opportunity of reading simple literature in their subject in the foreign language: that is why this book has been written.

To avoid the irritating and time-consuming necessity of frequently consulting dictionaries, the chief terms with the explanatory text, are here arranged side by side. Every German paragraph has directly opposite to it the corresponding English paragraph. Moreover, the corresponding paragraphs represent close translations one of the other, for the authors felt justified in sacrificing, to some extent, literary style in order to maintain close connection between the German and English texts.

Corresponding specific terms in both languages, on their first introduction in the text, are printed in italics.

The greater part of the subject matter was written first in English. Differences in meaning of specific terms, in spite of long and close collaboration in these sciences in English-speaking countries and in Germany, involved numerous difficulties of translation. Such difficulties were encountered in the first sen-

## VORWORT

Das vorliegende Buch soll in erster Linie den Studierenden der englischen und deutschen Sprachgebiete die Kenntnis der wichtigsten Fachausdrücke der anderen Sprache vermitteln, die im geologischen, mineralogischen, petrographischen und lagerstättenkundlichen Schrifttum gebraucht werden. Die Verfasser hoffen jedoch, dass das Buch auch dem Fachgenossen in dem einen oder anderen Falle von Nutzen sein wird.

Eine elementare Kenntnis der deutschen bzw. englischen Sprache wird im allgemeinen schon auf der Schule vermittelt. Diese Grundlage in der Kenntnis der fremden Sprache setzen die Verfasser beim Leser voraus. Die speziellen Fachausdrücke der oben genannten Wissenschaften wird der Studierende jedoch auf der Schule nicht kennen gelernt haben. Sie sind auch in den gewöhnlichen Wörterbüchern nicht enthalten. In technologischen und chemischen Wörterbüchern fehlen sie meist ebenfalls oder sind häufig unvollkommen übersetzt. Es schien den Verfassern jedoch wertvoll, wenn schon dem Studierenden die Möglichkeit gegeben wird, auf möglichst einfache Art die Literatur in der anderen Sprache zu verfolgen und unter diesem Gesichtspunkt ist das vorliegende Buch entstanden.

Um das lästige und zeitraubende Nachschlagen im Wörterbuch nach Möglichkeit zu vermeiden, wurde der Stoff sachlich angeordnet und mit verbindlichem Text in der Art eines kleinen Lehrbuchs versehen. Jeder deutschen Abschnitt steht der entsprechende englische unmittelbar gegenüber. Überdies stellen die entsprechenden Abschnitte gegenseitig nach Möglichkeit nahezu wörtliche Übersetzungen vor und die Verfasser nahmen es lieber in Kauf, bis zu einem gewissen Grade dem Satzstil Gewalt anzutun, als die Verbindung zwischen deutschem und englischem Text zu verlieren.

Entsprechende Fachausdrücke sind in beiden Sprachen bei ihrer ersten Einführung durch Kursivdruck hervorgehoben worden.

Ein grosser Teil des Stoffes wurde zunächst in Englisch geschrieben. In Bezug auf den Gebrauch der einzelnen Fachausdrücke in den beiden Ländern ergaben sich aber trotz der langjährigen engen Zusammenarbeitens der Wissenschaften zahlreiche Schwierigkeiten bei der Übersetzung. Diese

tence, in which "geology" in its broad sense was defined. For "Geologie," in German usage, does not include mineralogy, petrology, mineral deposits, etc., as is the case with the English term. "Texture" and "structure," in their English sense, do not correspond respectively with the German terms *Textur* and *Struktur*; in fact, "texture" corresponds to *Struktur*, and "structure," in most cases, to *Textur*. And for the important and much used German term "*Gefüge*," which includes both texture and structure, there is no corresponding English term. Other important German terms have no equivalents in English, and some well-known English terms, like "dissemination" and "lamination," are not represented as German terms.

After long discussions, the authors found it necessary to re-write almost the whole of the original manuscript. They decided that the best method of explaining the use of the terms was to define them as briefly and clearly as possible. They are fully aware, however, that some of the definitions may not be considered sufficiently comprehensive, or may not be universally acceptable. They avoided controversial discussions of terms, and of parts of the subjects, and steered a middle course.

The German practice of compounding one or more terms, and a qualifying phrase, into a single word made it desirable to construct the English sentences so as to bring together, whenever possible, the corresponding term, or terms, and the qualifying phrase: it would be confusing to the student if the italicised compound German word was represented in the English version by a number of italicised words scattered throughout the sentence.

To Professor H. Schneiderhöhn, Freiburg, the authors are especially indebted for many valuable suggestions, which have been incorporated. For reading parts of the manuscripts they wish to thank the following: Professor J. L. Wilser and Dr. M. Pfannenstiel, both of Freiburg; and in England, Professors

Schwierigkeiten begannen schon im ersten Satz, in dem der Begriff der "Geologie" im weitesten Sinne definiert wird. Denn dieser Begriff "Geologie" schliesst im deutschen Sprachgebrauch nicht auch Mineralogie, Gesteinskunde u.s.w. mit ein, wie dies im englischen Sprachgebrauch der Fall ist. Ferner entsprechen zum Beispiel die englischen Begriffe "texture" und "structure" den deutschen Begriffen "Textur" und "Struktur" nicht, sondern es entspricht dem englischen Begriff "texture" der deutsche Begriff "Struktur" und umgekehrt "structure" in den meisten Fällen "Textur." Für den wichtigen, im Deutschen häufig gebrauchten Begriff "Gefüge," der Struktur und Textur zusammenfasst, besteht im Englischen überhaupt kein Begriff. Auch andere deutsche Begriffe haben kein englisches Äquivalent und ebenso werden manche häufig gebrauchten englischen Begriffe, wie z.B. "dissemination" und "lamination" durch keinen deutschen Begriff wiedergegeben.

Nach einer längeren mündlichen Aussprache über diese sachlichen und textlichen Schwierigkeiten, sahen sich die Verfasser daher vor die Notwendigkeit gestellt, nahezu das ganze ursprüngliche Manuskript nach diesen Gesichtspunkten neu zu fassen. Sie fanden, dass der beste Weg zur Erklärung der Anwendung der Begriffe der einer möglichst kurzen und klaren Definition ist. Sie sind sich jedoch vollkommen bewusst, dass manche der Definitionen dem einen oder anderen nicht umfassend genug sein wird oder vielleicht auch nicht ganz allgemein sowohl in Deutschland, als auch in England und Amerika angenommen ist. Die Verfasser wollten aber Diskussionen über Fachausdrücke, ebenso wie über Teile des Stoffes vermeiden und wählten daher bei der Definition einen Mittelweg.

Der deutsche Sprachgebrauch, einen oder mehrere Begriffe mit einem bezeichneten Satz oder Satzteil in ein einziges Wort zusammenzufassen, machte es notwendig, die englischen Sätze so zu konstruieren, dass die entsprechenden Begriffe und der bezeichnende Satzteil nach Möglichkeit zusammengebracht wurden. Andernfalls würde für den Leser verwirrend geworden sein, wenn die im deutschen Text durch Kursivdruck hervorgehobenen Worte im englischen Text durch eine Reihe von Worten wiedergegeben worden wären, die über den ganzen Satz verstreut sind.

Zu besonderem Dank sind die Verfasser Herrn Professor Dr. H. Schneiderhöhn-Freiburg für zahlreiche wertvolle Anregungen, die in dem Buch verwertet werden konnten, verpflichtet. Für die Durchsicht von Teilen des Manuskripts haben sie ferner folgenden Herren zu danken: Professor Dr. J. L. Wilser-Freiburg



P. G. H. Boswell, C. G. Cullis, A. M. Davies, W. W. Watts, Dr. A. Brammall and Dr. O. M. B. Bulman. Dr. H. Moritz, Freiburg, helped with the German index. They cordially acknowledge, also, the help they received from L. Ritten's "Geological Nomenclator" in Dutch, German, English, and French; A. M. Davies's "An Introduction to Palaeontology"; and A. Holmes's "The Nomenclature of Petrology."

For the imperfections of the book the authors are wholly responsible. They invite those who use it to aid them by pointing out any errors, and by suggesting improvements in a second edition.

und Dr. M. Pfannenstiel- Freiburg und in England den Herren Professoren P. G. H. Boswell, C. G. Cullis, A. M. Davies, W. W. Watts, sowie Herren Dr. A. Brammall and Dr. O. M. B. Bulman. Bei der Herstellung des deutschen Index half Herr Dr. Moritz-Freiburg. Ebenso erkennen die Verfasser dankbar die Hilfe an, die sie durch Benutzung von L. Rutten's "Geologische Nomenklatur" in Niederländisch, Deutsch, Englisch und Französisch hatten, ferner von A. M. Davies's "An Introduction to Palæontology" und A. Holmes's "The Nomenclature of Petrology."

Für die Unvollkommenheiten des Buches sind die Verfasser allein verantwortlich. Sie bitten den Leser, ihnen bei der Ausmerzung von Irrtümern behilflich zu sein und werden ebenso für Anregungen für eine weitere Ausgestaltung des Buches dankbar sein.

# CONTENTS

	PAGE
CHAPTER I.	
INTRODUCTION: Constitution of the Earth—The Atmosphere—The Hydrosphere—The Lithosphere ... ..	1
CHAPTER II.	
DENUDATION OF ROCKS: Factors of chemical weathering—Factors of physical weathering—Organisms as factors of weathering—Transport of rock-fragments—Brooks, streams, and rivers—Springs—Glaciers—Marine denudation ... ..	13
CHAPTER III.	
EARTH MOVEMENTS: Earthquakes—Kinds of strata and stratification—Epeirogenic and orogenic movements ... ..	27
CHAPTER IV.	
VULCANISM: Volcanoes—Products of volcanic activity—Types of volcanoes—Causes of volcanic outbursts—Classification of the eruptions—Solfataras and Fumaroles—Geysers ... ..	37
CHAPTER V.	
PRINCIPLES OF STRATIGRAPHY: Stratigraphical Table ... ..	47
CHAPTER VI.	
PALÆONTOLOGY: The Brachiopoda—The Lamellibranchia—The Gasteropoda—The Cephalopoda—The Mollusca—The Echinodermata—The Graptolites—The Corals—The Pteropoda—The Protozoa ... ..	51
CHAPTER VII.	
CRYSTALLOGRAPHY: Fundamental laws of crystallography—Crystallographic systems—Crystal forms in the different systems—Twinning ... ..	61
CHAPTER VIII.	
PHYSICAL MINERALOGY: Specific Gravity—Fusibility—Cohesion—Optical properties of minerals—Optical properties of crystals—The petrological microscope—Minerals under the microscope (Examination in ordinary light—Examination in parallel light with one nicol—Examination in parallel light with crossed nicols—Examination in convergent polarized light between crossed nicols—Examination of opaque minerals in incident light)—Thermal properties of minerals—Electrical properties of minerals—Magnetic properties of minerals ... ..	73

# INHALTSVERZEICHNIS

	SEITE
<b>KAPITEL I.</b>	
<b>EINLEITUNG:</b> Aufbau der Erde—Die Atmosphäre—Die Hydrosphäre—Die Lithosphäre ... ..	2
<b>KAPITEL II.</b>	
<b>ABTRAGUNG DER GESTEINE:</b> Faktoren der chemischen Verwitterung—Faktoren der physikalischen Verwitterung—Organismen als Verwitterungsfaktoren—Transport der Gesteinsbruchstücke—Bäche, Flüsse, Ströme—Quellen—Gletscher—Marine Abtragung ... ..	14
<b>KAPITEL III.</b>	
<b>ERDBEWEGUNGEN:</b> Erdbeben—Schichtenbau und Schichtenlagerung—Epirogenetische und orogenetische Bewegungen ... ..	28
<b>KAPITEL IV.</b>	
<b>VULKANISMUS:</b> Vulkane—Produkte vulkanischer Tätigkeit—Vulkantypen—Ursachen vulkanischer Ausbrüche—Einteilung der Eruptionen—Solfataren und Fumarolen—Geysire ... ..	38
<b>KAPITEL V.</b>	
<b>GRUNDLAGEN DER STRATIGRAPHIE:</b> Formationstabelle ... ..	48
<b>KAPITEL VI.</b>	
<b>PALAONTOLOGIE:</b> Die Brachiopoden—Die Lamellibranchiaten—Die Gastropoden—Die Cephalopoden—Die Trilobiten—Die Echinodermen—Die Graptolithen—Die Korallen—Die Schwämme—Die Protozoen ... ..	52
<b>KAPITEL VII.</b>	
<b>KRISTALLOGRAPHIE:</b> Die Grundgesetze der Kristallographie—Kristallsysteme—Kristallformen in den verschiedenen Systemen—Zwillinge ... ..	62
<b>KAPITEL VIII.</b>	
<b>KRISTALLPHYSIK:</b> Spezifisches Gewicht—Schmelzbarkeit—Kohäsionseigenschaften—Optische Eigenschaften der Mineralien—Kristalloptik—Das Petrographische Mikroskop—Mineralien unter dem Mikroskop (Untersuchungen in gewöhnlichen Licht—Untersuchungen in parallelen Licht mit einem Nicol—Untersuchungen im parallelen Licht bei gekreuzten Nicols—Untersuchungen im konvergent polarisierten Licht bei gekreuzten Nicols—Untersuchungen opaker Mineralien im auffallenden Licht)—Thermische Eigenschaften der Mineralien—Elektrische Eigenschaften der Mineralien—Magnetische Eigenschaften der Mineralien ... ..	74

## CHAPTER IX.

**CHEMICAL MINERALOGY:** Chemical reactions, chemical equations—Blowpipe analysis—Polymorphism—Isomorphism, Morphotropism, Isotypism

191

## CHAPTER X.

**THE EXTERNAL FORMS OF MINERALS.** Appearance and crystal habit—Structure of mineral aggregates—Pseudomorphs, Epimorphs, Perimorphs

199

## CHAPTER XI.

**PETROLOGY** Distribution of elements according to geochemical laws—Classification of rocks—Igneous rocks and their formation—Formation processes in magma—Differentiation of rock magma—The consolidation of magma—Rock tribes, petrographic provinces—Classification of igneous rocks—Geological forms of igneous bodies—Structure and texture of igneous rocks—Classification of igneous rocks—The igneous rocks

113

## CHAPTER XII.

**SEDIMENTARY ROCKS AND THEIR FORMATION:** Deposition of sedimentary rocks—Induration—Replacement—Classification of sedimentary rocks—Clastic rocks—Loose clastic rocks—Consolidation of clastic sedimentary rocks—Secreted and precipitated sedimentary rocks—Konglomerates

139

## CHAPTER XIII.

**METAMORPHIC ROCKS AND THEIR FORMATION:** Contact (Thermal) metamorphism—Regional metamorphism—Dynamic metamorphism—Factors in operation in metamorphism—Depth zones of metamorphism—The minerals in metamorphic rocks—Structure and texture of metamorphic rocks—Metamorphic rocks—Metamorphism by injection

159

## CHAPTER XIV.

**ORE DEPOSITS:** Concentration processes of ore minerals—Concentration by magmatic processes—Concentration by sedimentary processes—Forms of orebodies—Paragenesis—Zonal arrangement of minerals—Alteration of the country rock—Zones of oxidation and reduction in ore deposits—Classification of mineral deposits—Lindgren's classification—Schneiderhohn and Niggli's classification

171

## APPENDIX I(a).

**ABBREVIATIONS FREQUENTLY USED IN GERMAN GEOLOGICAL LITERATURE**

199

## APPENDIX I(b).

**ABBREVIATIONS FREQUENTLY USED IN ENGLISH GEOLOGICAL LITERATURE**

200

## APPENDIX II.

**CONVERSION TABLES OF ENGLISH AND GERMAN MEASUREMENTS, ETC.**

202

## KAPITEL IX.

MINERALCHEMIE: Chemische Reaktionen, chemische Gleichungen —Lötrohranalyse—Polymorphie—Isomorphie, Morphotropie, Iso- type	102
--	-----

## KAPITEL X.

AUSBILDUNGSFORMEN DER MINERALIEN: Tracht und Habitus —Gefüge der Mineralaggregats—Pseudomorphosen, Epimorphosen, Perimorphosen	110
--	-----

## KAPITEL XI.

PETROLOGIE: Geochemische Verteilungsgesetze—Einteilung der Gesteine—Eruptivgesteine und ihre Bildung—Bildungsvorgänge im Magma—Differentiation des Magmas—Entwicklungsstadien der Magmenverfestigung—Gesteinsgruppen, Gesteinsprovinzen—Ein- teilung der Eruptivgesteine—Geologisches Auftreten der Eruptiv- gesteine—Gefüge (Struktur und Textur) von Eruptivgesteinen— Absonderung von Eruptivgesteinen—Die Eruptivgesteine	114
---	-----

## KAPITEL XII.

SEDIMENTGESTEINE UND IHRE BILDUNG: Ablagerung der Sedimentgesteine—Diagenese—Verdiagenung—Einteilung der Sedi- mentgesteine—Trummersedimente (Klastische Sedimente)—Lock- Trummersedimente—Verfestigte Trummersedimente—Aus- ungssedimente—Kauschfolithe	
--	--

## KAPITEL XIII.

METAMORPHE GESTEINE UND IHRE BILDUNG: Thermome- taphose (Kontaktmetamorphose)—Belastungsmetamorphose, (Re- gionalmetamorphose)—Dynamometamorphose (Dislokationsmeta- morphose)—Wirksame Faktoren bei der Metamorphose—Tiefen- zonen der Metamorphose—Mineralien metamorpher Gesteine— Gefüge (Textur und Struktur) der metamorphen Gesteine—Meta- morphose Gesteine—Deformationsmetamorphose	160
--	-----

## KAPITEL XIV.

ERZLAGERSTÄTTEN: Konzentrationsvorgänge der Erzminerale— Konzentration durch magmatische Vorgänge—Konzentration durch sedimentäre Vorgänge—Form der Erzkörper—Paragenese—Zonale Anordnung der Erzminerale—Nebengesteinsumwandlungen— Oxydations- und Zementationszonen von Erzlagerstätten—Ein- teilung der Erzlagerstätten—Einteilung nach Lindgren—Einteilung nach Schneiderhohn und Niggli	172
---	-----

## ANHANG I(a).

IN DER DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN LITERATUR HAUFIG BENUTZTE ABKÜRZUNGEN	199
--	-----

## ANHANG I(b).

IN DER ENGLISCHEN GEOLOGISCHEN LITERATUR HAUFIG BENUTZTE ABKÜRZUNGEN	200
---	-----

## ANHANG II.

VERGLEICHSTABELLE DER ENGLISCHEN UND DEUTSCHEN MAASSE, GEWICHTE u. s. w.	
---	--

### APPENDIX III.

THE CHEMICAL ELEMENTS ... .. 204

## APPENDIX IV.

**GERMAN MINERAL NAMES ... .. 206**

## APPENDIX V.

**ENGLISH MINERAL NAMES .. ... 218**

## INDEXES.

**ENGLISH INDEX** ... .. 215

GERMAN INDEX . . . . . 438

# INHALTSVERZEICHNIS

xvii.  
SEITE

## ANHANG III.

DIE CHEMISCHEN ELEMENTE ... .. 204

## ANHANG IV.

DEUTSCHE MINERALNAMEN ... .. 206

## ANHANG V.

ENGLISCHE MINERALNAMEN ... .. 218

## INHALTSVERZEICHNISSE.

ENGLISCHES INHALTSVERZEICHNIS ... .. 225

DEUTSCHES INHALTSVERZEICHNIS ... .. 238



# GERMAN-ENGLISH GEOLOGICAL TERMINOLOGY.

## CHAPTER I.

### INTRODUCTION.

*Geology* deals with the constitution and composition of the earth, and in particular with the upper part of the earth's crust; it deals also with the internal and external forces which have therein been active. In this broad sense, geology treats of the materials composing the earth's crust: the rocks and minerals, their formation and decomposition, and the fossils contained in the rocks. The object of geology, in its widest sense, is the investigation of the inorganic and organic material composing the earth's crust.

In the English sense, *Geology* embraces the whole complex of sciences which deal with the subjects referred to above. It includes *Stratigraphy* and *Palæontology*, also *Mineralogy*, *Petrology* and *Economic Geology*. The German term "*Geologie*" is much more restricted in meaning; the subject deals specifically with the history of the earth, and the internal and external processes in operation in the superficial crust. *Mineralogy*, *Petrology*, and *Economic Geology* deal with the material constituents of the earth, and in Germany are considered as specific sciences, allied to geology.

There is no term in present use in the German language which includes all these sciences. The old term "*Geognosie*" did, however, include them and could again be used for this purpose. It is so used in the table showing the relationship of the geological sciences under the German text; their relationship in English-speaking countries is given below:

# ENGLISCH-DEUTSCHE GEOLOGISCH-MINERALOGISCHE TERMINOLOGIE.

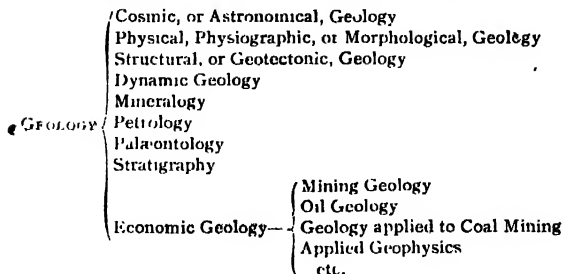
## KAPITEL I.

### EINLEITUNG.

Die *Geologie* beschäftigt sich mit dem Aufbau und der Zusammensetzung der Erde, insbesondere der obersten Erdkruste, ferner mit den inneren und äusseren Kräften, welche in der Erde tätig waren. In diesem weitesten Sinne muss die Geologie auch den stofflichen Bestand der Erdkruste berücksichtigen: die Gesteine, die Mineralien, aus denen sie aufgebaut sind, ihre Bildungs- und Umbildungsumstände und die Fossilien, die sie enthalten. Das Ziel der Geologie in diesem weitesten Sinne ist die Erforschung der anorganischen und organischen Erdkruste. •

Im englischen Sprachgebrauch bezeichnet "*Geology*" den ganzen Komplex der Wissenschaften, die sich mit den oben erwähnten Dingen beschäftigen, er umfasst also neben *Stratigraphie* und *Paläontologie* auch *Mineralogie*, *Petrologie* und *Lagerstättenlehre*. Im deutschen Sprachgebrauch wird der Begriff "*Geologie*" heute wesentlich enger gefasst und zwar nur soweit, als er sich auf die eigentliche Erdgeschichte und auf die Vorgänge im Inneren und an der Oberfläche der Erde bezieht. Die Wissenschaften, die sich mit dem stofflichen Bestand der Erde beschäftigen, also *Mineralogie*, *Gesteinskunde* und *Lagerstättenkunde* stehen als eigene Wissenschaften neben der Geologie.

Für den gesamten Komplex der Wissenschaften hat man heute im Deutschen keinen allgemein gebräuchlichen Sammelnamen. Das alte Wort "*Geognosie*" umfasste jedoch diesen Gesamtkomplex der Wissenschaften und könnte auch heute noch als Dachausdruck gebraucht werden. In diesem Sinne kann man die folgende (im deutschen Text befindliche) Tabelle über die Beziehungen der "*geognostischen Wissenschaften*" aufstellen.



The specific problems with which the different geological sciences are concerned are briefly as follows :

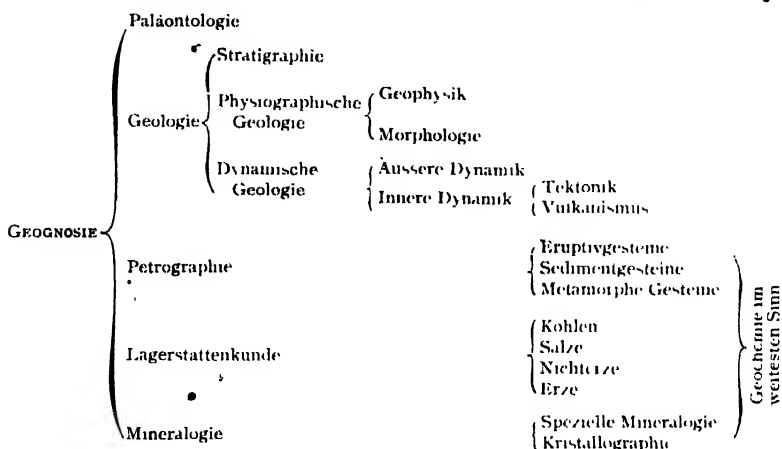
*General Geology* deals essentially with the internal and external forces that have been active in the earth; it deals with the structure of the earth's crust, and with crustal movements (*Tectonics*); with volcanic phenomena (*Vulcanicity*); also with the present and past topography of land masses, and the changes that have taken place between land masses and bodies of water (*Physical Geology, Morphology*).

*Stratigraphy*, to a large extent, is historical geology. It investigates the succession of events as recorded by the sequence and composition of sedimentary beds during the evolution of the earth.

*Palaeontology* is the study of fossils that have been preserved in rocks, and of the evolution of *faunas* and *floras* throughout geological ages.

*Mineralogy* deals with minerals, that is, with specific homogeneous constituents of the solid part of the earth's crust consisting of rocks; it deals with the physical and chemical properties of minerals, and with the processes of their formation and alteration.

*Petrology* deals with the paragenesis of the minerals which form the rocks of the earth's crust. It has for its object the natural history of rocks, their formation, origin, relationship, their alteration, and their disintegration products. *Petrology* is a more comprehensive term than the frequently used term, *Petrography*. "*Petrography*," in the strict sense, deals only with the macroscopic and microscopic description of rocks, and their geological occurrence. The German term "*Gesteinkunde*"



Im Einzelnen sind die Aufgaben der verschiedenen geognostischen Wissenschaften kurz die folgenden:

Die *allgemeine Geologie* beschäftigt sich im wesentlichen mit den inneren und äusseren Kräften die in der Erde tätig waren. Sie beschäftigt sich mit der Struktur der Erdkruste, mit den Krustenbewegungen (*Tektonik*), mit den vulkanischen Erscheinungen (*Vulkanismus*), ferner mit der gegenwärtigen und vergangenen Oberflächengestaltung der Landmassen und den Wechselwirkungen zwischen Land- und Wassermassen (*Physikalische Geologie, Morphologie*).

*Stratigraphie* ist in weitem Ausmaße historische Geologie; sie untersucht die Aufeinanderfolge der Ereignisse in der *Entwicklungsgeschichte* der Erde, wie sie sich aus der Altersfolge und Ausbildung der Sedimente ergibt.

Die *Paläontologie* studiert die Fossilien, die in den Gesteinen enthalten sind. Sie leitet die Entwicklung der *Faunen* und *Floraen* durch die geologischen Zeitalter ab.

Die *Mineralogie* beschäftigt sich mit den Mineralien, d.h. mit den einzelnen homogenen Bestandteilen der festen Erdrinde, die die Gesteine aufbauen, mit deren physikalischen und chemischen Eigenschaften, und mit ihren Bildungs- und Umbildungsvorgängen.

Die *Petrologie* beschäftigt sich mit den Mineralparagenesen der Erdkruste, die als Gesteine bezeichnet werden. Sie betrachtet die Naturgeschichte der Gesteine, also ihre Zusammensetzung, ihre Entstehung, ihre Beziehungen zueinander, ihre Veränderungen und ihre Zerstörungsprodukte. Der Ausdruck "Petrologie" ist umfassender als der oft gebrauchte Ausdruck "Petrographie." Dieser Begriff bedeutet wörtlich nur die makroskopische und mikroskopische Beschreibung der Gesteine.

is frequently used to-day as the equivalent of the English term "Petrology" in the wide sense explained above.

"*Lagerstättenkunde*" is the German term for the science which deals with *mineral deposits*, that is, with the paragenesis of minerals which, as aggregates, are not included<sup>1</sup> under the term "rock." There is no English equivalent for this German term; it is best translated as "*The Science of Mineral Deposits*." *Economic Geology* forms only a part of what is included under *Lagerstättenkunde*; the former science is concerned with mineral deposits which are workable to-day, or likely to be in the future, whereas *Lagerstättenkunde* includes also deposits of minerals entirely independent of their economic value. *Mining Geology* is that branch of *Economic Geology* in which geological knowledge is applied to mining. There are no German terms which correspond to the English terms "Economic Geology" and "Mining Geology."

#### CONSTITUTION OF THE EARTH.

The geologist regards the earth as being made up of three parts: (1) The Atmosphere, (2) The Hydrosphere and (3) The Lithosphere.

The atmosphere consists of gases which surround the whole globe; the hydrosphere includes all the bodies of water on the earth's surface; and the lithosphere consists of the solid earth crust.

#### THE ATMOSPHERE.

Over 98% of the *atmosphere* consists of nitrogen and oxygen. The *relative amounts* of these gases vary slightly. Atmospheric nitrogen is not quite *pure*; it contains a little argon, helium, krypton, and other *rare gases* which are chemically very *inert*. Hydrogen and carbon dioxide are also important constituents of the atmosphere.

Due to its movements and to its chemical activity, the atmosphere plays an important part in geological processes. Even a gentle *breeze* can carry fine dust; a moderate *wind* can shift dry sand; a *storm* can carry coarse sand; and a *hurricane* can move small pebbles. The movement of the air is generally in a more or less horizontal direction, but obstacles frequently deflect it upwards, and fine particles of rock can thus be carried to great heights and long distances.

<sup>1</sup> See page 171.

und ihr geologisches Auftreten. In dem oben definierten umfassenden Sinne der "Petrologie" wird heute im Deutschen häufig der Ausdruck "*Gesteinskunde*" gebraucht.

Die *Lagerstättenkunde* beschäftigt sich mit den *Minerallagerstätten*, das heisst mit den Mineralparagenesen, die nicht unter den Begriff des Gesteins fallen.<sup>1</sup> Im Englischen gibt es keinen gebräuchlichen Ausdruck, der dem deutschen Begriff "*Lagerstättenkunde*" entspricht. Er wäre am besten mit "*science of mineral deposits*" zu übersetzen. Die "*Economic Geology*" stellt nur einen Teil der Lagerstättenlehre vor. Sie umfasst die *Minerallagerstätten*, die zur Zeit oder in naher Zukunft technisch verwertbar sind, während die Lagerstättenkunde die *Minerallagerstätten* ganz unabhängig von ihrer technischen Verwertbarkeit betrachtet. "*Mining Geology*" ist wieder ein Teil der *Economic Geology*. Sie wendet die geologische Kenntnis auf bergbauliche Fragen an. Deutsche Ausdrücke, die den englischen Begriffen "*Economic Geology*" und "*Mining Geology*" entsprechen, gibt es nicht.

#### AUFBAU DER ERDE.

Der Geologe betrachtet die Erde in ihrem Aufbau aus drei Teilen: 1. Die Atmosphäre, 2. Die Hydrosphäre und 3. Die Lithosphäre.

Die Atmosphäre sind die Gase, die die ganze Erdkugel umhüllen, die Hydrosphäre umfasst das Wasser, das sich auf der Erdoberfläche befindet, und die Lithosphäre ist die feste Erdkruste.

#### DIE ATMOSPHERE.

Über 98% der *Atmosphäre* besteht aus Stickstoff und Sauerstoff, deren relatives *Mengenverhältnis* in geringen Grenzen wechseln kann. Der atmosphärische Stickstoff ist nicht völlig rein. Er enthält geringe Mengen Argon, Helium, Krypton und andere *Edelgase*, die chemisch sehr *reaktionsträge* sind. Weitere wichtige Bestandteile der Atmosphäre sind Wasserstoff und *Kohlendioxyd*.

Bei geologischen Vorgängen spielt die Atmosphäre infolge ihrer Bewegungen und infolge chemischer Einwirkungen eine bedeutende Rolle. Schon eine leichte *Brise* kann feinen Staub fortführen, ein schwacher *Wind* kann trockenen Sand, ein *Sturm* gröberen Sand und ein *Orkan* kleine Gerölle bewegen. Die Bewegung der Luft geht im allgemeinen in mehr oder weniger horizontaler Richtung vor sich, durch Hindernisse verschiedener Art wird sie jedoch oft nach oben abgelenkt. Auf diesem Wege können feine Gesteinsteilchen in grosse Höhen und auf weite Entfernungen verfrachtet werden.

<sup>1</sup> Vergl. Seite 172.

The *direction of winds* is influenced by the distribution of land and water, by the *topography* of land masses, and by many other factors. The great irregularities in the *direction* and *magnitude of air currents* result in great variations in climate, that is, in *temperature* and *rainfall*.

### THE HYDROSPHERE.

Part of the water that falls on the earth's surface sinks into the rocks and becomes *ground-water*; a part, the *run-off*, flows over the surface, generally into the sea; and some water remains on the surface as *pools*, and *lakes*.

*Sea-water*, and the waters of some lakes, contain a much greater proportion of salts in solution than does *fresh-water*. This is due to the concentration of the soluble matter carried by running-water from the land. The chief salts present in sea-water are the chlorides of sodium and magnesium; the sulphates of magnesium, calcium, and potassium; calcium carbonate, and magnesium bromide.

The *oceans* cover about three-quarters of the whole surface of the *globe*. The deeper parts reach to a considerable distance below the mean level of the land. *Elevations* and *depressions*, in the form of *mountains*, *hills*, *plateaus*, *plains*, and *valleys*, occur on the *ocean floors*. The greatest ocean depths are approximately equal to the highest altitudes on land. The very extensive low-lying parts of the ocean beds are covered by *deep water*; the *peaks* of the mountains may form *oceanic islands*, and the higher parts of the sea-bottom, near the *margins* of the continents, are the *continental shelves*, which are covered by comparatively shallow water.

### THE LITHOSPHERE.

The constituents of the *earth's crust* are *rocks*, such as granite, sandstone, sand, gravel, clay, etc. Rocks may be defined as aggregates of mineral particles; they occur very extensively and, therefore, form an essential part of the solid crust of the earth.

We can observe directly only the surface of the earth, and a very small fraction of the whole crust. The deepest *mines* and *boreholes* extend little more than a mile in depth, whereas the *diameter of the earth* is approximately 12,740 k.m.

Die *Windrichtung* wird durch die Verteilung von Land und Wasser, durch die *Topographie* der Landmassen und durch viele andere Faktoren beeinflusst. Die grossen Verschiedenheiten in Richtung und Ausmaß der *Luftströmungen* bedingen grosse Unterschiede im *Klima*, das heisst in der *Lufttemperatur* und der *Niederschlagsmenge*.

#### DIE HYDROSPHÄRE.

Ein Teil des Wassers, das aus der Atmosphäre auf die Erdoberfläche gelangt, sickert in die Gesteine ein und wird *Grundwasser*, ein anderer Teil, das *fliessende Wasser*, fliesst über die Oberfläche und gelangt im allgemeinen ins Meer. Ein kleiner Teil bleibt als *Teiche* und *Seen* auf der Erdoberfläche zurück.

Das *Meerwasser* und das Wasser mancher Seen enthält wesentlich höhere Gehalte an gelösten Salzen als *Frischwasser*, da sich die löslichen Bestandteile, die durch das fliessende Wasser vom Festlande fortgeführt werden, im Meere ansammeln. Die Salze des Meerwassers sind vorwiegend Chloride von Natrium und Magnesium, Sulfate von Magnesium, Calcium und Kalium, Calciumkarbonat und Magnesiumbromid.

Die *Ozeane* bedecken ungefähr  $\frac{3}{4}$  der gesamten Oberfläche der *Erdkugel*. Die tiefsten Teile der Ozeane reichen beträchtlich unter das mittlere Höhenniveau der Landes hinab. Auch der *Meeresboden* zeigt *Erhebungen* und *Vertiefungen*, in der Art von *Gebirgen*, *Hügeln*, *Plateaus*, *Ebenen* und *Tälern*. Die grössten ozeanischen Tiefen entsprechen ungefähr den höchsten Erhebungen des Festlandes. Die ausgedehnten tiefliegenden Teile der ozeanischen Becken sind von der *Tiefsee* bedeckt. Die *Gipfel* der ozeanischen Gebirge können *ozeanische Inseln* bilden. Die flachen Teile der Ozeane in der Nähe der *Ufer* der Kontinente werden *Kontinentalschelfe* genannt. Sie sind von verhältnismässig niedrigem Wasser bedeckt.

#### • • DIE LITHOSPHERE. •

Die Bestandmassen der festen *Erdkruste* sind die *Gesteine* z.B. Granit, Sandstein, Sand, Kies, Schlamm usw. Als Gesteine werden solche Mineralaggregare bezeichnet, die an zahlreichen Stellen der Erde in grosser Ausdehnung vorkommen und deshalb einen wesentlichen Teil der festen Erdrinde ausmachen.

Unmittelbar können wir an der Erdoberfläche nur einen kleinen Ausschnitt aus der ganzen Erdkruste beobachten. Die tiefsten *Gruben* und *Bohrlöcher* reichen etwas mehr als eine Meile in die Tiefe, während der *Durchmesser der Erde* ungefähr 12,740 km beträgt.



We know, however, that temperature increases as we descend deep mines; that springs, having their sources deep in the earth's crust, are frequently so hot that they come to the surface as steam and boiling water; and that *molten rock* is poured out on the surface as lava, from active volcanoes. *Heat* has been escaping from the earth for *geological ages*, and we can imagine a time, beyond geological history, when the earth was a glowing molten mass.

The story of the earth is written in the rocks. A *conglomerate*, for example, is an aggregate of *pebbles* held together by natural *cementing material*. From the types of rocks forming the conglomerate, from the size and degree of rounding of the pebbles, and from the nature of the matrix, we can generally deduce a great deal of information relating to its *mode of origin*.

A piece of *granite*, on the other hand, consists of crystals of quartz, felspar, and mica with no special binding medium. These minerals were formed during the slow crystallization of a *molten magma*.

A granite is a *holocrystalline rock* of *plutonic* origin; a conglomerate is a *fragmental* or *clastic* rock of sedimentary origin.

Rocks may, therefore, be broadly divided into two great groups, the *igneous rocks* and the *sedimentary rocks*. Igneous rocks are formed by *consolidation* from a *state of fusion*. Sedimentary rocks may be formed as the *products of destruction* of pre-existing rocks; they may result by deposition from *solutions* by chemical processes; or they may be built up by organisms.

**Igneous Rocks.** Igneous rocks generally occur in *irregular* and *unstratified* masses. They may be *intrusive* or *extrusive*; they may be *plutonic*, *hypabyssal*, or *volcanic*; they may also be of *acid*, *intermediate*, *basic*, or *ultra-basic* composition; and they may be *oversaturated*, *saturated*, *unsaturated*, or *undersaturated* with respect to their silica content. The satisfactory classification of igneous rocks on a natural basis is one of the most difficult problems that has faced the petrologist.

**Sedimentary Rocks.** Sedimentary rocks are generally *bedded*, or *stratified*, and the *strata* vary greatly in *thickness*. They may be a few centimetres, a few decimetres, or many hundreds of metres thick. Clays and shales may be so thinly bedded

Wir wissen aber, dass die Temperatur ansteigt, wenn wir in tiefe Gruben gehen; wir wissen, dass Quellen, die tief aus der Erdkruste hervorkommen, oft in Form von Dampf oder als kochendes Wasser die Oberfläche erreichen, und wir wissen, dass *geschmolzene Gesteinsmassen* als Lava von tätigen Vulkanen auf die Erdoberfläche gefördert werden. *Wärme* ist in *geologischen Zeiträumen* von der Erde abgegeben worden und wir können uns eine Zeit, vor der geologischen Geschichte der Erde vorstellen, in der diese eine glühende Schmelzmasse war.

Die Geschichte der Erde steht in den Gesteinen geschrieben. So ist zum Beispiel ein *Konglomerat* ein Aggregat von groben *Geröllen*, die durch natürliches *Bindemittel* zusammengehalten werden. Aus den Gesteinsarten, die das Konglomerat aufbauen, der Form und der Rundung der Gerölle sowie der Art des Bindemittels können wir im allgemeinen ein gutes Teil der Erkenntnis in Bezug auf die *Entstehungsbedingungen* des Konglomerates ableiten.

Andererseits besteht ein Stück *Granit* aus Kristallen von Quarz, Feldspat und Glimmer ohne besonderes Bindemittel. Diese Mineralien wurden während der langsamen Kristallisation eines *schmelzflüssigen Magmas* gebildet.

Ein Granit ist ein *holokristallines Gestein* *plutonischer* Entstehung, ein Konglomerat ist ein *klastisches Gestein* *sedimentärer* Entstehung.

Auch im Grossen lassen sich die Gesteine in zwei Gruppen einteilen, die *Eruptivgesteine* und die *Sedimentgesteine*. Die Eruptivgesteine bilden sich durch *Verfestigung aus dem Schmelzfluss*, die Sedimentgesteine werden aus den *Zerstörungsprodukten* präexistierender Gesteine gebildet oder durch chemische Vorgänge aus *Lösungen* ausgefällt oder auch durch Organistentätigkeit aufgebaut.

**Eruptivgesteine.** Eruptivgesteine treten gewöhnlich in *unregelmässigen* und *ungeschichteten* Massen auf. Sie können *intrusiv* oder *extrusiv* sein, sie können *plutonisch*, *hypobathisch* oder *vulkanisch* sein; ihrer chemischen Zusammensetzung nach können sie *sauer*, *intermediär*, *basisch* oder *ultrabasisch* sein und sie können in Bezug auf den Kieselsäuregehalt *übersättigt*, *gesättigt* oder *untersättigt* sein. Eine gute natürliche Einteilung der Eruptivgesteine ist eines der schwierigsten Probleme, vor das der Petrograph gestellt wurde.

**Sedimentgesteine.** Sedimentgesteine sind gewöhnlich *gebant* oder *geschichtet*. Die *Mächtigkeit* der *Schichten* wechselt stark. Sie können nur wenige Zentimeter, wenige Dezimeter oder viele hundert Meter mächtig sein. Tone und Schiefer

as to be laminated. *Lamination*<sup>1</sup> is the term applied when the bedding is of extreme thinness; *stratification* is used when referring to less thinly bedded rocks. When the bedding shows a more or less general parallel arrangement, it is described as *regular bedding*; when no such general parallelism occurs it is referred to as *irregular bedding*. If the beds *pinch out* (*wedge out*, *thin out*, *pinch out*) in more than one direction, in wedge-shaped or in lenticular form, they are said to be *cross-bedded*, or *false-bedded*.

The thickness of a bed is termed *Mächtigkeit* in German. In general, every bed is limited above by its *superface*, and below by its *subface*.

<sup>1</sup> The English term "lamination" has no corresponding German term.

können so dünn geschichtet sein, dass die Schichten blattdünn werden. Der Ausdruck *Blattschichtung*<sup>1</sup> wird auf Schichtung von extremer Dünne angewandt. Der eigentliche Ausdruck "*Schichtung*" wird für Sedimente, die weniger dünn geschichtet sind, gebraucht. Zeigt die Schichtung mehr oder weniger allgemeine parallele Anordnung, spricht man von *regelmässiger Schichtung*; ist diese parallele Anordnung nicht vorhanden, spricht man von *unregelmässiger Schichtung*. Keilen die Schichten nach mehr als einer Richtung mit keil-oder linsenförmiger Gestalt aus, so spricht man von *Kreuzschichtung*.

Die Dicke einer Schicht wird als ihre *Mächtigkeit* bezeichnet. Jede Schicht wird im allgemeinen oben von einer *Dachfläche* und unten durch eine *Sohlfläche* begrenzt.

<sup>1</sup> Für den englischen Ausdruck "*lamination*" besteht kein entsprechender deutscher Begriff.

## CHAPTER II.

### DENUDATION OF ROCKS.

In most parts of the earth's surface, rocks undergo constant processes of *destruction*; these processes come under the general term *denudation*. They are due either to *subaërial* agencies, that is, to agencies in operation above *sea-level*, or to *submarine* agencies which are in operation *below sea-level*. •

Denudation is chiefly the result of atmospheric agencies, and the character and amount of destruction are in a great measure determined, therefore, by *climatic conditions*. Hence the processes of denudation are different in the hot and damp *Equatorial Belt* from those which operate in hot, dry, *arid Desert Belts*. These, again, differ from the processes active in the cool and damp *Temperate Zone*, and from those at work in the cold and dry *Arctic Zones*. Every climatic zone has its special characteristics. *Frost* and *snow* are the chief climatic agencies in the Arctic Zone; *heat* and *wind* are the dominant agencies in desert regions; and *rain* is the principal agency in temperate and *tropical climates*.

The following climatic regions can be distinguished :

<i>Climate.</i>	<i>Precipitation greater than evaporation. •</i>	<i>Precipitation less than evaporation.</i>	<i>Precipitation in solid form.</i>
Hot	Tropical-humid (Moist-tropical)	Tropical-arid (Dry-tropical)	• —
Temperate	Temperate-humid (Moist-temperate)	Temperate-arid (Dry-temperate)	—
Cold	Polar-humid (Moist-polar)	Polar-arid (Dry-polar)	" Niäl " (All precipitation is as snow)

#### • WEATHERING OF ROCKS.

The term *weathering* includes the physical and chemical processes which cause the disintegration of rocks on the earth's surface. Weathering may, therefore, be due chiefly to chemical or

## KAPITEL II.

### ABTRAGUNG DER GESTEINE.

In den meisten Teilen der Erdoberfläche unterliegen die Gesteine ständigen Vorgängen der *Zerstörung*. Alle diese Zerstörungsvorgänge fallen unter den allgemeinen Begriff der *Abtragung*. Die Zerstörungsvorgänge gehen entweder *sub-aerisch*, das heisst über dem *Meeresspiegel*, oder *submarin*, das heisst *untermeerisch* vor sich.

Abtragung beruht zum grossen Teil auf atmosphärischen Einwirkungen und Art und Ausmass der Zerstörung sind daher weitgehend durch *klimatische Bedingungen* bestimmt. Die Vorgänge der Abtragung sind also in heissen und feuchten *äquatorialen Gebieten* verschieden von denen in heissen und trockenen, *ariden Wüstengebieten*; diese unterscheiden sich wieder von denen, die in kühlen und feuchten *gemässigten Gebieten* wirksam sind; diese sind ihrerseits wieder von denen in kalten und trockenen, *arktischen Gebieten* verschieden. Jede Klimazone hat ihre eigenen Kennzeichen. *Frost* und *Schnee* sind die hauptsächlichsten klimatischen Wirkungen in arktischen Zonen, *Wärme* und *Wind* sind die vorherrschenden Wirkungen in Wüstengebieten, und *Regen* ist das vorherrschende Agens im gemässigten und im *tropischen Klima*.

Folgende Klimagebiete lassen sich unterscheiden :

<i>Klima.</i>	<i>Niederschläge &gt;Verdunstung.</i>	<i>Niederschläge &lt;Verdunstung.</i>	<i>Niederschläge fest.</i>
Heiss	Tropisch— humid	Tropisch— arid	—
Gemässigt	Gemässigt— humid	Gemässigt— arid	—
Kalt	Polar— humid	Polar— arid	Nival

### VERWITTERUNG DER GESTEINE.

Der Begriff der *Verwitterung* umfasst die physikalischen und chemischen Vorgänge, durch die Gesteine an der Erdoberfläche zerstört werden. Diese Verwitterungsvorgänge können vorwie-

chiefly to physical processes, but generally chemical and physical agencies are in operation.

#### FACTORS OF CHEMICAL WEATHERING.

**Water.** Water is the most important chemical agent in the destruction of rocks; *chemical solution*, in most cases, is due to its effect. Pure water plays only a subordinate part as a solvent; waters containing gases in solution, particularly carbon dioxide and oxygen, or dissolved salts, have far greater *solvent properties*.

**Oxidation.** The effect of *oxidation* as a weathering agent is very strongly marked where iron-bearing minerals, such as pyrite (iron pyrites,  $\text{FeS}_2$ ) occur in the rocks. The yellow, brown, and red colours of rock-surfaces, and of *soils*, are due to the decomposition of such minerals, and the formation of *hydroxides* and *oxides* of iron.

**Reduction (Deoxidation).** *Reduction* is not so common on the earth's surface as oxidation, but the process is in operation below the *oxidising zone*. The most common reducing agent on the surface is *organic matter*. It has been suggested that the prevailing tints of red in desert regions may be due to the comparative absence of animal and vegetable life, and hence the absence of reducing agents.

#### FACTORS OF PHYSICAL WEATHERING.

**Temperature Changes.** Most substances expand on heating and contract on cooling. The *coefficient of expansion* varies with different substances. Rocks are composed of various minerals having different coefficients of expansion, hence each individual crystal or grain *expands* or *contracts* according to its nature, with the result that great changes of temperature cause considerable amount of *rock disintegration*. In regions, therefore, where there are great differences between day and night temperatures, the disintegration of rocks is specially marked; this is particularly the case in desert regions.

**Frost.** Water expands on *freezing*. This expansion, amounting approximately to 10% of its volume, can exert tremendous pressure within the *pores* and *interstices* of rocks. Disintegration of rock by *frost* is, therefore, of great importance;

gend chemisch oder vorwiegend physikalisch sein, gewöhnlich sind jedoch sowohl chemische als auch physikalische Faktoren gemeinsam in Tätigkeit.

### FAKTOREN DER CHEMISCHEN VERWITTERUNG. •

**Wasser.** Wasser ist das wichtigste chemische Agens bei der Zerstörung der Gesteine und *chemische Lösung* ist in den meisten Fällen der Erfolg seiner Tätigkeit. Reines Wasser spielt bei diesen Lösungsvorgängen nur eine untergeordnete Rolle. Ein wesentlich stärkeres *Lösungsmittel* ist Wasser, das gelöste Gase, besonders Kohlendioxyd und Sauerstoff, sowie gelöste Salze enthält.

**Oxydation.** *Oxydation* zeigt sich als Verwitterungsfolge besonders dort, wo eisenhaltige Mineralien, z.B. Eisenkies (Pyrit  $\text{FeS}_2$ ) im Gestein auftreten. Die gelben, braunen und roten Farben der Gesteinsoberflächen und der *Böden* beruhen auf der Verwitterung solcher Mineralien und der Bildung von *Hydroxyden* und *Oxyden* von Eisen.

**Reduktion.** *Reduktion* ist an der Erdoberfläche wesentlich seltener, als Oxydation, in etwas grösserem Ausmaß findet Reduktion jedoch unterhalb der *Oxydationszone* statt. An der Oberfläche ist das gewöhnlichste Reduktionsmittel *organische Materie*. Es wurde angenommen, dass die vorherrschende rote Farbe in Wüstengebieten auf der verhältnismässigen Abwesenheit tierischen und pflanzlichen Lebens und damit fehlender Reduktionsmöglichkeit beruht.

### FAKTOREN DER PHYSIKALISCHEN VERWITTERUNG.

**Temperaturwechsel.** Die meisten Substanzen dehnen sich in der Wärme aus und ziehen sich in der Kälte zusammen. Der *Ausdehnungskoeffizient* ist für verschiedene Substanzen verschieden. Somit haben auch die verschiedenen Mineralien, die ein Gestein aufbauen, verschiedene Ausdehnungskoeffizienten. Jeder einzelne Kristall wird sich also bei Temperaturänderungen entsprechend seiner Art *ausdehnen* oder *zusammenziehen*, wodurch bei starken Temperaturwechsel eine starke *Lockerung des Gesteinszusammenhaltes* verursacht werden kann. Die Zerstörung der Gesteine ist daher in Gebieten, in denen ein starker Temperaturunterschied zwischen Tag und Nacht vorhanden ist, besonders gross. In Wüstengebieten ist diese Art der Gesteinsverwitterung besonders ausgeprägt.

**Frost.** Wasser dehnt sich beim Gefrieren um nahezu 10% seines Volumens aus. Diese Ausdehnung kann in den *Poren* und *Zwischenräumen* der Gesteine starken Druck verursachen. Die Zerstörung der Gesteine durch Frost kann daher in gewissen



the enormous *taluses* of cold regions are the result chiefly of the work of frost.

#### ORGANISMS AS FACTORS OF WEATHERING.

Organisms can also aid weathering. The effect of *algæ*, *lichen*, *bacteria*, etc., is to prepare rocks for further weathering; and *animals*, by digging and boring, can also be active agents. The decomposition products of *animal remains*, such as carbonic acid, ammonia, and sulphuretted hydrogen, can also promote weathering. *Plant roots*, by piercing the rocks, are mechanical aids; their *organic acids*, including the carbonic acid resulting from their *decay*, are chemical aids to weathering.

By the collective activity of all these factors of weathering, the most compact rocks are eventually weathered into a *heap* of *debris*, the fragments of which continue to be comminuted.

#### TRANSPORT OF ROCK FRAGMENTS.

The transport, to lower levels, of rock fragments formed by weathering processes is effected by *gravity*, by *rain*, flowing water, moving ice, by wind, and other agencies. This removal of the disintegration products of rocks from their place of origin is referred to as *ablation*.

The *detritus* (*colluvial deposits*) formed by the weathering of rocks in mountainous and hilly countries, by simply sliding down or by transport in streams, is carried to the foot of valley sides to form *talus-fans* or *accumulations of talus*. These deposits differ from *scree*s, which are formed at the foot of *precipices*. The former deposits result from slow movement and hence are termed, in German, "*Gekrieche*" (*Creepwash*). Their formation is essentially due to movement caused by gravity. *Landslides* (*landslips*), *mountain creep*, and *avalanches* are also due chiefly to the influence of gravity.

As the result of transport, there is further breaking up of rock material. In particular, during transport down-stream on *stream-beds*, this material becomes *subrounded*, and *rounded*, *pebbles*.

The rock-fragments themselves, during transport, can act as mechanical weathering agents. Mechanical weathering, caused by the movement of rock-fragments on the *underlying rock*, or *bedrock*, is included under the term *corrasion*.

Gebieten von grosser Wichtigkeit werden und die riesigen *Schutthalden* kalter Klimagebiete sind hauptsächlich das Ergebnis der Frosttätigkeit.

#### ORGANISMEN ALS VERWITTERUNGSFAKTOREN.

Auch *Organismen* können die Verwitterung wesentlich unterstützen. *Niedere Algen, Flechten, Bakterien* usw. bereiten die Gesteine für die Verwitterung vor. *Tiere* können durch wühlende oder bohrende Tätigkeit wirksam sein. Stoffe, die sich aus dem *toten Tierkörper* entwickeln, wie Kohlensäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff usw. können die Verwitterung ebenfalls unterstützen. *Pflanzen* wirken zugleich mechanisch durch die ins Gestein eindringenden *Wurzeln* und chemisch durch ihre *organischen Säuren* und die bei ihrer *Verwesung* entstehende Kohlensäure.

Durch die gemeinsame Tätigkeit aller dieser Verwitterungsfaktoren werden auch die festesten Gesteine schliesslich in ein *Haufwerk* sich immer mehr verkleinernder Bruchstücke zerlegt.

#### TRANSPORT DER GESTEINSBRUCHSTÜCKE.

Der Transport der durch die Zerstörungsvorgänge entstandenen Gesteinsbruchstücke in tiefer liegende Gebiete wird durch die *Schwerkraft*, durch den *Regen*, durch fliessendes Wasser, durch sich bewegendes Eis, durch den Wind und durch andere Faktoren bewirkt. Die Entfernung der Zerstörungsprodukte vom Orte ihrer Entstehung wird als *Ablation* bezeichnet.

Der bei der Verwitterung entstehende *Gesteinsschutt* wird in bergigem und hügeligem Gelände durch einfaches Hinabgleiten oder durch Bäche zu Tal geführt und sammelt sich am Fusse der Talwände zu *Schuttkegeln* oder *Schutthalden* an. Hiervon zu unterscheiden ist der *Gehängeschutt*, der sich am Fusse des *Gehänges* bildet. Er befindet sich stets in langsamer Bewegung und wird daher auch als "*Gekrieche*" bezeichnet. Bei diesen Bildungen handelt es sich im wesentlichen um Bewegungen, die durch die *Schwerkraft* verursacht sind. Ebenso entstehen *Erdrutsche, Bergstürze* und *Lawinen* vorwiegend unter dem Einfluss der *Schwerkraft*.

Bei dem Transport findet eine weitere Zerlegung des Gesteinsmaterials statt. Besonders beim Transport in *Flussbetten* werden die Gesteine während ihres Transports stromabwärts zu *abgekanteten* und *gerundeten Geröllen*.

Während des Transportes können die Gesteinsbruchstücke aber auch ihrerseits mechanische Zerstörungen hervorrufen. Die mechanischen Zerstörungen, die das in Bewegung befindliche Gesteinsmaterial auf dem *Untergrunde*, über den es hinwegzieht, ausübt, werden unter dem Begriffe der *Korrasion* zusammengefasst.

Strong winds can carry large quantities of dust and sand. This material *abrades*, and may sculpture, the rock surfaces. The process is termed *deflation* (wind corrasion) and is common in desert regions. *Wind-polished rocks*, *Windkanten* (e.g., *Dreikanten*), "mushroom rock," etc., can be formed in this way.

### BROOKS,<sup>1</sup> STREAMS,<sup>1</sup> RIVERS.<sup>1</sup>

The *velocity* of water in *rivulets*, *streams*, and *rivers*, depends on the *gradient* of the beds, on the *volume of water*, on the amount of *friction*, and on other factors. In general, the velocity of a river is greatest in the *upper part of its course*, towards its *source*; it is least towards its *mouth*.

*Erosion*, therefore, is particularly active in the upper course of a river, where the velocity of the water is great. *Deposition*, on the other hand, takes place in the lower course, where the water is slow-flowing. The amount of material that can be transported by a river is known as its *load*; it depends on the volume and velocity of the water. If the velocity is checked, part of the load is deposited.

In its upper course, the part of greatest erosion, a river cuts out steep-sided V-shaped valleys. In its lower course, erosion is counterbalanced by deposition. The *slopes of the river-banks* become gentler, a broader *valley-floor* is formed, and erosion ceases.

*Potholes*, *rapids*, *waterfalls*, etc., are evidences that the process of valley formation has not been completed. If the two opposing forces, erosion and resistance of the rocks, are equal throughout the whole *river-course*, then *valley formation* has reached completion, and the *river-system* has reached its *base-level*.<sup>2</sup> The *gradient curve* (*curve of water erosion*) of such a river shows, in *profile*, an even, symmetrical curve, without any sharp irregularities. The whole course of a river, from its upper to its lower course, is known as its *Talweg* (*Thalweg*).

Although a river that has reached its base-level can no longer deepen its bed, it can still cut into one or other of its *banks* to form *river-meanders*. It erodes on the concave side of the *bend*,

<sup>1</sup> The German term "Bach" is used for a small river; "Fluss" for a moderate size river; and "Strom" for a large river (e.g. the Rhine).

<sup>2</sup> There is no German term for "base-level"; the German term "Erosions-basis" does not correspond to "base-level."

Starke Winde können grosse Mengen Staub und Sand mit sich führen. Dieses Material *schleift* die Gesteinsoberfläche ab und kann sie *skulpturieren*. Der Vorgang wird *Deflation* genannt und findet vorwiegend in Wüstengebieten statt. *Windschliffe*, *Windkanter* (Dreikanter), *Pilzfelsen* usw. können hierdurch entstehen.

### BÄCHE,<sup>1</sup> FLÜSSE,<sup>1</sup> STRÖME.<sup>1</sup>

Die *Geschwindigkeit* der Wasserbewegung in *Bächen*, *Flüssen* und *Strömen* hängt vom *Gefälle*, von der *Wassermenge*, von der *Reihung* und anderen Faktoren ab. Im Allgemeinen ist die Geschwindigkeit eines Flusses im *Oberlauf*, also gegen sein *Quellgebiet* hin, am grössten und am geringsten gegen seine *Mündung* hin. •

Abtragung (*Erosion*) findet daher besonders im Oberlauf eines Flusses, wo die Wassergeschwindigkeit gross ist, statt; *Ablagerung* findet dagegen im Unterlauf, wo das Wasser langsam fliesst, statt. Die Menge des Materials, die von einem Fluss fortgeführt wird, wird als seine *Schuttlast* bezeichnet. Ihr Ausmass hängt von der Menge und der Geschwindigkeit des Wassers ab. Wird die Geschwindigkeit verringert, so wird ein Teil der Schuttlast abgelagert.

Im Oberlauf, dem Gebiet der stärksten Erosion, schneidet ein Fluss steil begrenzte, V-förmige *Täler* ein. In den unteren Teilen tritt die einschneidende Tätigkeit gegenüber der aufschüttenden zurück. Die *Uferböschungen* werden flacher, es entsteht ein breiter *Talboden*, und Erosion findet nicht mehr statt.

Kennzeichen unfertiger Täler sind *Strudelkessel*, *Stromschnellen*, *Wasserfälle* u.a. Sind die beiden entgegenwirkenden Kräfte, Erosionsvermögen und Widerstandsfähigkeit der Gesteine überall im *Flusslauf* ins Gleichgewicht gelangt, so ist die *Talbildung* abgeschlossen und das *Flusssystem* befindet sich im *Gleichgewicht*.<sup>2</sup> Die *Gefällskurve* eines solchen Flusses stellt im *Längsprofil* eine einheitliche, gleichmässige Kurve ohne winkelige Unterbrechungen vor. • Der gesamte Lauf eines Flusses vom Ober- zum Unterlauf wird sein *Talweg* genannt.

Ein Fluss, der sein Gleichgewichtsstadium erreicht hat, kann sein Bett zwar nicht weiter vertiefen, er kann aber noch in das eine oder andere seiner *Ufer* einschneiden und *Fluss Schleifen* (*Flussmäander*) bilden. Er erodiert hierbei auf der konkaven Seite der *Krümmung* und lagert das Material auf der konvexen

<sup>1</sup> Im Deutschen bezeichnet "Bach" ein schmales fliessendes Wasser, ein "Fluss" ist breiter, und ein "Strom" ist ein breiter Fluss.

<sup>2</sup> Ein deutscher Ausdruck für "baselevel" fehlt, bezw. der deutsche Ausdruck "Erosionsbasis" wird nicht in diesem Sinne gebraucht.

and deposits material on the convex side. When, during *floods*, the river breaks through the bend to form a new *channel*, the crescent-shaped lakes left in the old course are known as *ox-bows*, or *dead channels*.

Earth-movements causing an *uplift* in part of the *drainage area* can renew the activity of a river, and of its *tributaries*, which had reached base-level. This is known as *rejuvenation of rivers*. The positions of *valley terraces* (*old river terraces*) are evidences of rejuvenation.

Valleys lying in undisturbed strata are not distinguished according to different types. Those, however, which lie in disturbed strata are either *longitudinal-* or *transverse valleys* in relation to the strike of the beds. Longitudinal or strike valleys can be further subdivided into *synclinal valleys*, *saddle-* or *anticlinal-valleys*, *isoclinal valleys*, and *fault valleys*.

The rate of *retrogressive erosion* of one river may be substantially greater than that of another having its source on the opposite side of the *watershed*. If the erosive difference is great, *river-capture* may result; one river has been *beheaded* by the other.

#### SPRINGS.

Water can penetrate easily through gravel, sand, porous sandstone, fissured limestone, vesicular lava, volcanic tuffs, etc. These are said to be *permeable rocks*. Clay, slate, and many compact crystalline rocks can scarcely be penetrated at all by water; they are *impermeable rocks*.

When descending water meets an impermeable stratum, it cannot penetrate further; it becomes *ground-water*, and generally is in slow but constant motion. At all places where the level of the *water-table* (ground-water level) cuts the ground surface, springs issue. A *valley spring* is formed where a *section of a valley* reaches below the level of the water-table. *Strata springs* originate at the *outcrop* where permeable strata overlie impermeable strata. Where ground-water has accumulated within *trough-shaped strata* overlying impermeable strata, this water gives rise, where the water level cuts the ground surface on a *steep face*, to "*Überfallsquellen*." *Artesian springs* may be formed where an accumulation of water in synclinal beds is under *pressure*.

Warm or hot springs, over 20°C. in temperature, are called *thermal springs*. They are found chiefly in areas where active

Seite ab. Durchbricht ein Fluss während *Hochwasser* seine Ufer und bildet er hierbei einen neuen *Arm*, so kann im alten Lauf ein halbmondförmiger See zurückbleiben, der als *Altwasser* (*toter Arm*) bezeichnet wird.

Erbewegungen, durch die eine teilweise *Heraushebung* eines *Flussgebietes* verursacht wird, können die erodierende Tätigkeit eines Flusses und seiner *Nebenflüsse*, der ihr Gleichgewichtsstadium schon erreicht haben, erneut aufleben lassen. Die Erscheinung wird als die *Verjüngung eines Flusses* bezeichnet. Sie ist an der Lage der *Talterrassen* zu erkennen.

Die in ungestörten Schichten liegenden Täler werden nicht weiter unterschieden. Liegen die Täler jedoch in gestörten Schichten, so werden sie nach ihrer Lage zum Schichtenstreichen in *Längstäler* und in *Quertäler* eingeteilt. Bei den Längstälern unterscheidet man weiterhin noch *Synklinaltäler*, *Sattel- oder Antiklinaltäler*, *Scheide- oder Isoklinaltäler* und *Verwerfungstäler*.

Das Ausmaß der *rückgreifenden Erosion* eines Flusses kann wesentlich grösser sein, als das eines anderen, der auf der jenseitigen Seite der *Wasserscheide* entspringt. Ist das Ausmaß der Erosion sehr verschieden, kann schliesslich eine *Flussanzapfung* verursacht werden; ein Fluss wird durch den anderen enthaupet.

#### QUELLEN.

Wasser kann durch Geröll, Sand, porösen Sandstein, zerklüfteten Kalk, blasige Lava, vulkanische Tuffe usw. leicht hindurchdringen. Man nennt derartige Gesteine *durchlässige Gesteine*. Durch Tone, Schiefer und manche dichte kristalline Gesteine kann Wasser kaum hindurchdringen. Man nennt sie *undurchlässige Gesteine*.

Trifft das einsickernde Wasser auf undurchlässige Schichten, durch die es nicht weiter durchdringen kann, so entsteht *Grundwasser*, das sich gewöhnlich in ständiger, langsamer Bewegung befindet. Überall dort, wo der *Grundwasserspiegel* die *Tagesoberfläche* schneidet, treten *Quellen* auf. Eine *Talquelle* entsteht dort, wo ein *Taleinschnitt* unter den Grundwasserspiegel reicht. *Schichtquellen* liegen am *Ausbiss* übereinanderliegender durchlässiger und undurchlässiger Schichten. *Überfallsquellen* entstehen, wenn der Spiegel des Grundwassers, das sich im Innern einer *Schichtmulde* über undurchlässigen Schichten angesammelt hat, an einem *Steilhange* die Tagesoberfläche schneidet. Befindet sich das in einer Schichtmulde angesammelte Wasser unter Druck, so kann ein *artesischer Brunnen* entstehen.

Warme oder heisse Quellen über 20° Celsius werden *Thermalquellen* (*Thermen*) genannt. Sie treten besonders

of extinct volcanoes occur. If all the spring-water is of *magmatic origin*, it is called *juvenile* water; if the water is originally derived from the surface, it is called *meteoric (vadose)* water; and if it is partly of juvenile, and partly of meteoric origin, it is said to be of *mixed* origin.

Springs frequently contain mineral matter in solution. *Saline springs* are generally rich in chlorides of sodium, potassium, and magnesium; *chalybeate springs* contain much iron; *aerated springs* contain carbonic acid; *sulphur springs* contain sulphuretted hydrogen. Many sulphur springs are associated with volcanic activity.

### GLACIERS.

Above the *snow-line* in cold regions, part of the *snow* remains and accumulates from year to year. The resulting pressure on the deep-lying snow mass, assisted by many other factors, consolidates it and converts it to *ice*. This accumulation of snow and ice at high elevations, above the snow-line, is known as a *snowfield (névé)*. From the edges of the snowfield, *glaciers* slowly slide into the valleys below.

The ice, in glacier-filled valleys, moves as a *viscous fluid*. The central parts of the glacier move at a greater rate than the sides. This differential flow results in *cracks* and *crevasses* in transverse and longitudinal directions (*longitudinal* and *transverse fissures*).

Fragments of rock, broken off from the overhanging valley sides by the action of frost, or by the mechanical effect of moving ice, fall on the sides of the glacier to form *lateral moraines*. *Medial moraines* are formed when two or more glaciers coalesce. The lateral and medial moraines together form the *upper moraines*; and at the sole of the glacier is the *ground moraine*. The rock material deposited at the end of the glacier is known as the *terminal moraine*.

Water flowing on the rocky floor below the ice is said to be *sub-glacial*; that flowing over the ice, and through the crevasses, is said to be *englacial*.

During its movement over the rock, the ice, armed with angular and rounded boulders, polishes the rock surfaces, and scratches them to form *striae*.

Evidences of present and past *glaciation* are: *moraines*, *eskers*, *striated rock-pavements*, *roches moutonnées*, *erratic blocks (erratics)*, *perched blocks*, *boulder clay*, etc.

Gebieten tätiger oder erloschener Vulkane auf. Ist das gesamte Wasser einer Quelle *magmatischen Ursprungs*, so bezeichnet man sie als *juvenil*, stammt das Wasser von der Oberfläche, nennt man sie *vados*. Ist das Wasser einer Quelle teils juvenilen, teils vadosen Ursprungs, so nennt man sie *gemischt*.

Quellen enthalten häufig mineralische Substanzen in Lösung. *Salzquellen* (*Solen*) sind im allgemeinen reich an Chloriden von Natrium, Kalium und Magnesium; *Stahlquellen* enthalten viel Eisen, *Sauerquellen* enthalten Kohlensäure, *Schwefelquellen* enthalten Schwefelwasserstoff. Viele der letztgenannten Quellen stehen mit vulkanischer Tätigkeit in Zusammenhang.

#### GLETSCHER.

In kalten Gebieten bleibt ein Teil des *Schnees* oberhalb der *Schneegrenze* ständig liegen und sammelt sich von Jahr zu Jahr. Auf die tiefer liegenden Schneemassen wirkt infolgedessen ein Druck, der diesen unter Mitwirkung zahlreicher anderer Faktoren verfestigt und stufenweise in *Eis* umwandelt. In Gebirgen wird diese Ansammlung von Eis und Schnee oberhalb der Schneegrenze als *Firnfeld* bezeichnet. Von dem Rande eines solchen Firnfeldes gleiten die *Gletscher* langsam zu Tal.

In den *Gletschertälern* bewegt sich das Eis wie eine *zähe Flüssigkeit*. Die mittleren Teile eines Gletschers bewegen sich also rascher, als die randlichen. Dieser ungleiche Fluss äussert sich in *Spalten* und *Zerklüftungen* in transversaler und longitudinaler Richtung (*Längs-* und *Querspalten*).

Gesteinsstücke, die durch Frostwirkung oder durch mechanische Tätigkeit des Gletschers von den Talgehängen abgebrochen werden, fallen auf die Seiten des Gletschers und bilden hier *Seitenmoränen*. *Mittelmoränen* entstehen durch Vereinigung zweier oder mehrerer Gletscher. Seiten- und Mittelmoränen bilden zusammen die *Obermoränen*. Am Grunde des Gletschers findet sich die *Grundmoräne*. Das Gesteinsmaterial, das am Ende eines Gletschers abgelagert wird, wird als *End-* oder *Stirnmoräne* bezeichnet.

Wasser, das auf dem steinigen Boden unter dem Eis fliesst, wird als *unterglazial* bezeichnet, Wasser das über dem Eis oder durch die Klüfte im Eis fliesst, wird *inglazial* genannt.

Während der Bewegung über die Gesteine poliert das Eis, beladen mit eckigen oder runden Blöcken, die Gesteinsoberfläche und ritzt sie in Form von *Schrammen*.

Anzeichen heutiger und früherer *Vereisungen* sind: *Moränen*, *Öser*, *gekritzte Geschiebe*, *Rundhöcker*, *erratische Blöcke*, *Findlinge*, *Geschiebemergel* und anderes.



## MARINE DENUDATION.

The water of the sea is in almost constant horizontal and vertical motion, due chiefly to the following causes: the rotation of the earth on its axis, the influence of the moon, winds, variations in temperature and pressure, and different degrees of salinity. Most of the work of destruction of the sea is done on the *sea-coasts*. Here the weight of moving water, movements of rock fragments, the action of *compressed air*, and in certain cases the effect of floating ice, are in operation.

The amount of *marine denudation* depends on many factors, such as *wave-action*, *marine currents*, the hardness of the rocks forming the *coast-line*, and the form and steepness of the coast-line, etc. On *low-lying coasts* the effect of *breaking waves* (*breakers*) is generally small; on *steep coasts*, however, it is very great.

Softer rocks are attacked before the harder rocks, with the result that the former are *hollowed* back to form *bays* and *gulfs*. The more resistant rocks form *capés*, *headlands*, and *promontories*. Wave-action then attacks the headlands, and eventually both hard and soft rocks are worn down to form a *plain of marine denudation*.

*Tidal currents* (*ebb* and *flow*) widen the *mouths of rivers* into trumpet-shaped openings, called *estuaries*.

## MARINE ABTRAGUNG.

Das Meerwasser befindet sich in nahezu stetiger horizontaler und vertikaler Bewegung. Die Ursachen dieser Bewegung sind hauptsächlich: die Drehung der Erde um ihre Achse, Mondeinflüsse, Winde, Temperatur und Druckänderungen, verschiedener *Salzgehalt* des Meerwassers. Der grösste Teil des Zerstörungswerkes des Meeres wird an den *Meeresküsten* getan. Hier wirken das Gewicht des bewegten Wassers, bewegte Gesteinsfragmente, *komprimierte Luft* und in gewissen Fällen auch schwimmendes Eis.

Das Ausmaß der *marinen Abtragung* hängt von mannigfachen Faktoren, wie *Wellenschlag*, *Meeresströmungen*, Härte der Gesteine, die die Küste bilden, Form und Höhe der *Küstenlinie* u.a. ab. • Allgemein ist die Wirkung der *Brandung* an *Flachküsten* gering, an *Steilküsten* jedoch sehr gross.

Weichere Gesteine werden vor härteren angegriffen. Die ersteren werden *ausgehöhlt* und *Buchten* und *Golfe* werden gebildet. Die widerstandsfähigeren Gesteine bilden *Kaps*, *Landspitzen*, und *Vorgebirge*. Bei weiterer Abtragung greift die Wellentätigkeit dann zunächst an den Landspitzen an. Gelegentlich werden sowohl die harten als auch die weichen Gesteine abgetragen und eingeebnet. Es entsteht dann eine *marine Abrasionsfläche*.

Durch die *Gezeitenströmungen* (*Ebbe* und *Flut*) entstehen in *Flussmündungen* trompetenförmige Erweiterungen, die als *Ästuare* bezeichnet werden. •

## CHAPTER III.

### EARTH MOVEMENTS.

Earthquakes, subsidences of coastal areas, *transgressions* of the sea, *raised beaches*, *Fjords*, and many other evidences are clear proof that the crust of the earth is in *unstable equilibrium*.

As the result of the earthquake of 1822, in Chile, it was calculated that about 100,000 square miles of the coastal area was uplifted an average of 3 feet above *sea-level*. After the earthquake of New Zealand, in 1855, one side of a *fissure*, 90 miles long, was raised 9 feet above the other side. Examples of *elevation* or of *subsidence* and *submergence* of coastal areas in many countries are known by reference to historical records. Where, in the same area, uplift is followed by subsidence, or the reverse takes place, the area is said to be in a state of *oscillation*.<sup>1</sup>

### EARTHQUAKES.

Many parts of the earth's crust are subjected to frequent earthquakes; these may be on a small or large scale. If the *tremor* affects only the sea-floor, and not the land, it is referred to as a *submarine earthquake*.

Several kinds of *earthquakes* are distinguished according to their different modes of origin. Many earthquakes, particularly those in the neighbourhood of active or extinct volcanoes, are related to volcanic activity (*Volcanic Earthquakes*). To this class belong also those which are related to *deep-seated vulcanicity*, chiefly to *magmatic intrusions* (*Cryptovolcanic Earthquakes*). Others are caused by *crustal movements*, such as dislocations along fault- and *thrust-planes* (*Tectonic or Dislocation Earthquakes*). Lastly, and of lesser importance, are the earthquakes caused through the collapse of subterranean cavities (*Subsidence Earthquakes*).

The *centre of origin* of an earthquake is called the *focus* (*hypocentre*). The *epicentre* is the point on the surface vertically

<sup>1</sup> The term "Oszillation" is not now used in this sense in Germany.

## KAPITEL III.

### ERDBEWEGUNGEN.

Erdbeben, Absinken von Küstengebieten, *Transgressionen* des Meeres, *Strandterassen*, *Fjorde*, und vieles andere sind deutliche Beweise, dass sich die Erdkruste in *instabilem Gleichgewicht* befindet.

Im Zusammenhang mit dem chilenischen Erdbeben von 1822 wurden über 100,000 Quadratrheilen des Küstengebietes von Chile im Durchschnitt 3 Fuss über den *Meeresspiegel* gehoben. Im Zusammenhang mit dem Erdbeben von 1855 in Neuseeland wurde eine Seite einer *Spalte* von 90 Meilen Länge 9 Fuss über die andere Seite herausgehoben. Fälle von *Heraushebungen* oder *Absenkungen* und *Überschwemmungen* von Küstengebieten kennt man auf Grund geschichtlicher Urkunden aus zahlreichen Gebieten. Folgt einer Heraushebung im selben Gebiete eine *Versenkung*, oder umgekehrt, so spricht man von einer *Oszillation*<sup>1</sup> des Gebietes.

#### ERDBEBEN.

Viele Teile der Erdkruste sind häufigen *Erdbeben* unterworfen, die kleineres oder grösseres Ausmaß haben können. Be-  
trifft die *Erschütterung* nicht das Land, sondern den Meeresboden, spricht man von *Seebeben*.

Nach der Art der Entstehungsursachen kann man verschiedene Arten von Beben unterscheiden. Viele Erdbeben, besonders solche in Gebieten tätiger oder erloschener Vulkane, sind durch vulkanische Tätigkeit verursacht (*vulkanische Beben*). Zu dieser Gruppe von Beben gehören auch solche, die mit *tiefvulkanischen Vorgängen*, insbesondere *Magmenintrusionen* in Zusammenhang stehen (*kryptovulkanische* oder *Intrusionsbeben*). Andere Beben sind durch *Krustenbewegungen*, z.B. Dislokationen an Verwerfungsflächen oder *Überschiebungsflächen*, verursacht (*tektonische* oder *Dislokationsbeben*). Eine letzte unwichtige Gruppe von Beben sind solche die durch Einsturz unterirdischer Hohlräume hervorgerufen werden (*Einsturzbeben*).

Das *Entstehungszentrum* eines Erdbebens wird *Erdbebenherd* (*Hypozentrum*) genannt. Der senkrecht über dem Hypozentrum

<sup>1</sup> Der Ausdruck "Oszillation" ist in Deutschland in diesem Sinne nicht mehr gebräuchlich.

above the hypocentre. In the case of volcanic earthquakes, the focus is generally very confined, and the epicentre can be considered as almost a point (*Central Earthquake*). In tectonic earthquakes the focus is not so localized; it may be a fault-plane, and the *region of disturbance* may be extended along the plane of the fault over great distances (*Linear Earthquakes*).

The *intensity of an earthquake shock* depends on several factors. It is greatest towards the epicentral area, and decreases in violence away from the epicentre. The intensity depends also on the amount of *excitation*, on the nature of the *underlying strata*, and on other factors. According to the distance from the epicentre, earthquakes are referred to as being *local*, *neighbouring*, or *distant earthquakes*.

Earthquakes are very frequent where crustal stresses are in a state of adjustment, such as along *young mountain ranges (chains)*; at the mouths of large rivers, where *deltas* are being formed; and in the neighbourhood of volcanoes.

*Seismometers* register mechanically, on a *seismograph (seismogram)*, the *longitudinal*, *transverse*, and *undulatory* waves of motion formed as the result of earthquakes.

#### KINDS OF STRATA AND STRATIFICATION.

*Conformable strata* follow one another in a general parallel arrangement. In many parts of the earth, however, the strata are no longer in their *original bedding*; they are in a *disturbed* state. When a younger stratum lies on the folded and weathered surface of the underlying older strata, it is said to lie *unconformably*. An *unconformity* marks a physical break, and generally the older rocks have been subjected to greater movements than the overlying younger beds. A younger rock, generally of igneous origin, may traverse an older rock; it is *penetrative*.

Two kinds of earth movements can be distinguished:

- (1) *Horizontal movement*, due chiefly to tangential pressures.
- (2) *Vertical dislocations*, caused chiefly by vertical or by radial crustal movements. The horizontal movements give rise mainly to tilting, *folding*, and overfolding of the strata; the vertical movements result chiefly in flexures and faulting.

*Tilting of strata* is the simplest form of *disturbance of beds*; the strata assume a more or less *inclined position*. Those which are tilted  $90^\circ$  from the horizontal are said to be *vertical*; when

liegende Punkt der Erdoberfläche ist das *Epizentrum*. Bei einem vulkanischen Beben ist der Herd gewöhnlich sehr begrenzt und das Epizentrum kann meist als Punkt betrachtet werden (*Zentrales Beben*). Bei den tektonischen Beben ist der Herd meist nicht so lokal. Er kann z.B. eine Verwerfungsfläche sein, wodurch ein langgestrecktes *Schüttergebiet* hervorgerufen wird (*lineares Beben*).

Die *Stärke eines Erdstosses* ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Sie ist im unmittelbaren Gebiet des Epizentrums am grössten und nimmt mit der Entfernung von ihm ab. Die Stärke hängt ferner von der Ausmaß der *Erregungsursache*, von der Beschaffenheit des *Untergrundes* u.a. ab. Je nach der Entfernung vom Epizentrum unterscheidet man zwischen *Ortsbeben*, *Nahbeben* und *Fernbeben*.

Erdbeben sind überall dort häufig, wo sich der Druck in der Erde noch im Stadium der Angleichung findet, so z.B. entlang der *Ketten junger Gebirge*. Beben sind ferner an der Mündung grosser Flüsse, wo sich *Deltas* bilden und in der Nachbarschaft von Vulkanen häufig.

*Seismometer* zeichnen mechanisch die *longitudinalen, transversalen und undulatorischen Wellen*, die als Ergebnis eines Erdbebens entstehen, als *Seismogramm* auf.

#### SCHICHTENBAU UND SCHICHTENLAGERUNG.

*Konkordante Schichten* folgen aufeinander in regelmässiger paralleler Anordnung. An vielen Orten der Erde befinden sich die Schichten jedoch nicht mehr in der *ursprünglichen Lage*, sie sind *gestört*. Liegt eine jüngere Schichtfolge auf der geneigten und abgetragenen Oberfläche der älteren Schichten, spricht man von *diskordanter Lagerung*. Eine *Diskordanz* bezeichnet einen physikalischen Schnitt und die ältere Gesteinsserie war im allgemeinen stärkeren Bewegungen ausgesetzt, als die jüngere überlagernde. Bei *durchgreifender Lagerung* durchschneidet ein jüngeres Gestein, meist ein Eruptivgestein, die älteren Gesteine.

Zwei Arten von Bodenbewegungen lassen sich unterscheiden: 1. *Horizontalbewegungen*, die im wesentlichen durch tangentialen Schub entstanden sind und 2. *Vertikaldislokationen*, die in der Hauptsache auf senkrechte oder radiale Bewegungen der Erdkruste zurückzuführen sind. Zu den Horizontalstörungen gehören besonders Schichtaufrichtungen, *Schichtfaltungen* und Überschiebungen, zu den Vertikalstörungen Flexuren und Verwerfungen.

*Schichtaufrichtung* stellt den einfachsten Fall der *Lagerungsstörung* dar. Die Schichten erhalten hierbei eine mehr oder weniger stark *geneigte Stellung*. Schichten, die um 90° von der

the tilting is greater than  $90^\circ$  strata are said to be *overturned*, or *inverted*.

The angle made by the surface of an inclined bed with the horizontal is called the *dip* of the bed. The *strike* (the *trend*) of the bed is the horizontal line along the stratum; the *strike direction* is given as a *compass-bearing*. If beds dip to the *east* or to the *west*, the strike trends *north* to *south*.

Rocks often have *planes of division*, known as *joints*. These are generally in two or three directions, and frequently are rectangular to one another. One direction is commonly along the *bedding* or *stratification planes*, in sedimentary rocks; the other two are in transverse directions.

**Folding.** When strata are crumpled, they are said to be *folded*; the *folds* are classed according to the steepness of their sides (*limbs*). If both *limbs* of a fold make the same angle with the vertical plane passing through its *axis*, the fold is said to be *symmetrical*, or *upright*. In the normal type of fold, however, one *limb* is steeper than the other; this is referred to as an *asymmetrical*, *unsymmetrical*, or *inclined* fold. Other kinds are: *isoclinal folds*, *fan folds*, *inverted (overturned-, over-) folds*, *recumbent folds*, etc. If the folding is on a very small scale, giving a number of folds to a foot-length, the beds are said to be *contorted*.

If, during overfolding, the pressure continues, the bottom (*sole*) of the now upper bed becomes thrust over the bed below, with the result that an *overthrust* is formed. A number of overthrusts, riding over one another, form *schuppen-structure*. When the *middle limb* in a large overfold has been squeezed out, an overthrust mass, or *Nappe*, may be formed. A *window* is a denuded cutting in an overlying nappe which exposes the underlying nappe.

In an *anticline*, the beds dip in opposite directions from the *axis of the arch*; in a *syncline* they dip towards the *axis of the trough*. A number of folds, disposed in the form of an *arch*, may form an *anticlinorium*; assemblages of folds in the form of a *trough* may constitute a *synclinorium*.

*Flexures*, or *knee-folds*, are formed by the downward or upward movements of part of a horizontal bed, in which, although at a new level, the moved bed still retains its horizontal position. These folds often become faults.

horizontalen Lage abweichen, werden als *seiger stehend* bezeichnet. Überschreitet die Aufrichtung den Betrag von  $90^\circ$ , nennt man die Schichten *überkippt*.

Der Winkel, der von der Oberfläche einer geneigten Schicht mit der Horizontalen gebildet wird, wird das *Einfallen* der Schicht genannt. Das *Streichen* einer Schicht ist die horizontale Gerade entlang der Schicht. Die *Streichrichtung* ist die Orientierung dieser Geraden nach den *Himmelsrichtungen*. Fallen die Schichten nach *Osten* oder *Westen* ein, so ist ihre Streichrichtung *Nord-Süd*.

Gesteine haben oft *Teilungsflächen* oder *Absonderungsflächen*, die gewöhnlich in zwei oder drei Richtungen mit mehr oder weniger rechten Winkeln zueinander angeordnet sind. Eine Richtung verläuft meist entlang einer *Schichtfläche* der Sedimentgesteine, die beiden anderen stehen quer dazu.

**Falten.** Sind die Schichten gesetzmässig verbogen, so nennt man sie *gefaltet*; die *Falten* werden nach der Steile ihrer Schenkel eingeteilt. Bilden beide *Schenkel* einer Falte denselben Winkel mit der vertikalen Ebene durch die *Faltenachse*, haben wir eine *aufrechte* oder *stehende Falte*. Beim gewöhnlichsten Faltentyp ist jedoch meist ein *Flügel* steiler als der andere; man spricht von einer *schiefen* oder *geneigten Falte*. Weitere Arten von Falten sind: *Isoklinalfalten*, *Fächerfalten*, *Liegende Falten*, *überkippte Falten*, u.s.w. Ist die Grössenordnung der Faltung sehr gering, so dass eine Anzahl kleinster Falten auf einen Fuss Länge gehen, spricht man von *gekräuselten Schichten*.

Hält bei überkippten Falten der einseitige, die Faltung bewirkende Druck länger an, so wird schliesslich die Hangendscholle über die Liegendscholle aufgeschoben; es entsteht eine *Überschiebung*. • Treten solche Überschiebungen mehrfach übereinander auf, entsteht eine *Schuppenstruktur*. Wird der *Mittelschenkel* einer grossen Falte ausgequetscht, kann eine *Decke* gebildet werden. Wo durch Denudation einer oberen Decke eine Lücke entstanden ist, durch die die darunterliegende Decke sichtbar wird, spricht man von einem *Fenster*.

In einer *Antiklinale* fallen die Schichten in entgegengesetzter Richtung von der *Sattelachse*, in einer *Synklinale* fallen sie gegen die *Muldenachse*. Eine Anzahl von Falten in *Sattel-* förmiger Anordnung, können ein *Antiklinorium* bilden, eine Anzahl von Falten in *Mulden-* förmiger Anordnung können ein *Synklinorium* bilden. • •

*Flexuren* oder *Kniefalten* entstehen durch Bewegungen einer flachliegenden Schichttafel zu einem tieferen oder höheren Niveau, in welchem die Tafel ebenfalls flach liegt. Sie gehen oft in Verwerfungen über.



**Faults.** *Faults* are caused by the *slipping* or *displacement* of rock masses along *fracture planes* or *bedding planes*. The plane of movement may be vertical or inclined; it is termed the *fault-plane*. The amount, in degrees, of the angle of the fault-plane from the vertical is known as the *hade of the fault*. The *throw of the fault* is the amount of vertical displacement; the *shift* of the fault is the horizontal distance between the two parts of the faulted bed. The side raised relative to the other is the *upthrow side*, and the other is the *downtthrow side*.

In a *normal fault*, the hade is in the same direction as the *downtthrow*; in a *reversed fault* it is in an opposite direction. Reversed faults are generally caused by lateral compression; they may decrease the extent of the *outcrops* of the faulted bed. *Step-faults* and *trough-faults* are assemblages of normal, or of reversed, faults with a somewhat parallel arrangement.

*Horsts* are extensive blocks of rock which form prominent outcrops, and have remained tectonically undisturbed as compared to the disturbance of the neighbouring rocks. *Gräben* (*Rift Valleys*) are long, relatively narrow, tectonically low-lying areas, formed by downward *block-faulting*.

**Crush Breccia and Crush Conglomerates.** Fault fissures are frequently filled with crushed angular fragments of rock derived from the rock walls; this material is termed *fault breccia*. If the fault-movement has been sufficient to round or partly round the fragments, the material is called *fault conglomerate*.<sup>1</sup> The clay material in the fault fissure is termed *gouge* (*flucan*). During movement, the walls of the fault may become smooth and polished; such surfaces are called *slickensides*.

#### EPIROGENIC AND OROGENIC MOVEMENTS.

The momentary oscillations related to earthquakes, differ considerably from the slow movements of continents and ocean basins, and also from the movements which cause *mountain-folding*.

The great movements may be classed as follows: (1) Continent-making-, (2) Plateau-forming-, (3) Mountain-folding move-

<sup>1</sup> The term "Reibungskonglomerat" is not used in Germany.

**Verwerfungen.** *Verwerfungen* werden durch *Verwürf* oder *Verlagerung* von Gesteinsmassen entlang *Bruchflächen* oder *Schichtflächen* verursacht. Die Bruchfläche kann vertikal oder geneigt sein und wird *Verwerfungsfläche* genannt. Der *Fallwinkel* einer Verwerfung ist der Betrag in Winkelgraden, den die Verwerfungsfläche mit der Vertikalen bildet. Die *Sprunghöhe* einer Verwerfung ist der Betrag der vertikalen Verschiebung, die *Sprungweite* ist die horizontale Entfernung zwischen den beiden verworfenen Teilen der Schicht. Die relativ erhöhte Seite der Verwerfung ist die *hangende Scholle*, die andere die *liegende Scholle*.

Bei einer *gewöhnlichen Verwerfung* verläuft das Einfallen nach der gleichen Richtung, wie die *Absenkung*. Bei einer *widersinnigen Verwerfung* verlaufen Einfallen und Absenkung in entgegengesetzten Richtungen. Die letzteren sind meist durch seitliche *Zusammenpressung* entstanden und vermindern das Ausmaß des *Ausbisses* der verworfenen Schicht. *Staffelbrüche* und *Grabenbrüche* sind Wiederholungen normaler oder widersinniger Verwerfungen in mehr oder weniger paralleler Anordnung.

*Horste* sind blockartige Gebiete, die tektonisch aus ihrer Umgebung herausragen. *Gräben* sind lange, relativ schmale tektonisch tiefliegende Gebiete, die durch Grabenbrüche oder *Blockverwerfungen* gebildet wurden.

**Reibungsbreccien und Reibungskonglomerate.** Verwerfungsspalten sind häufig mit eckigen Bruchstücken der angrenzenden Gesteine gefüllt; dies Material wird als *Reibungsbreccie* bezeichnet. Genügte die Bewegung entlang der Verwerfungsfläche zur Rundung oder Abrollung der Bruchstücke, so nennt man das geröllartige Material *Reibungskonglomerat*.<sup>1</sup> Das tonige Material in der Verwerfung wird *Verwerfungslette* genannt. Während der Bewegungsvorgänge können die Wände der Verwerfung geglättet und poliert werden und *Rutschflächen* (*Harnische*) können sich bilden.

#### EPIROGENETISCHE UND OROGENETISCHE BEWEGUNGEN.

Die plötzlichen, mit Erdbeben zusammenhängenden Verschiebungen in der Erdkruste unterscheiden sich wesentlich von den langsamen Bewegungen der Kontinente und ozeanischen Becken einerseits und von den Bewegungen, die *Gebirgsfaltungen* verursachen andererseits.

Diese grossen Bewegungen können in folgende Gruppen eingeteilt werden: 1. Kontinentalbewegungen, 2. Plateaubewe-

<sup>1</sup> Der Ausdruck "Reibungskonglomerat" ist in Deutschland ungebräuchlich.

ments. The continent-making and plateau-forming movements may be classed as *General*, or *Epeirogenic movements*; the mountain-folding movements as *Concentrated*, or *Orogenic*, movements.

The *continent-making movements* are widespread, and affect very large masses of the earth's crust. They probably commenced at an early period in the earth's history, and have been renewed from time to time.

*Plateau-forming movements* differ from continent-making movements chiefly in their smaller magnitude. The resulting plateaus are made up of numerous faulted blocks often tilted at different angles, due to the relative uplifts or subsidences. In plateau-forming movements, vertical forces have been more important than those in a horizontal direction.

During *mountain-building*, or *orogenic*, movements the forces in operation took the form of *lateral* or *tangential thrusts*, with the result that compression and crumbling of the superficial layers of the crust took place with the formation of *folding*, *overfolding*, *thrusting*, *overthrusting*, and *faulting*. The folds were usually uplifted, due to the vertical components of the horizontal thrusts, but the dominant force was lateral.

Crustal movements are due to many causes, chief of which are: sinking of parts of the earth's crust under the influence of gravity, flow of superficial masses due to the effect of powerful deep-seated magmatic processes, and *isostasy*.

Based on the kind of earth-movement and structure, dislocation mountains can be divided in the following groups:

1. Mountains formed by plateau-forming movements.
2. Mountains formed by folding
  - (a) Mountains formed of folds; fold-mountains.
  - (b) Mountains formed of disrupted folds.
  - (c) Mountains formed of overthrust- or recumbent folds.

gungen, 3. Gebirgsbildende Bewegungen. Die Kontinentalbewegungen und die Plateaubewegungen werden als *allgemeine* oder *epirogenetische Bewegungen* zusammengefasst und die gebirgsbildenden Bewegungen werden auch als *begrenzte* oder *orogentische Bewegungen* bezeichnet.

Die *Kontinentalbewegungen* sind weit ausgedehnt und betreffen sehr grosse Massen der Erdrinde. Einzelne dieser Bewegungen begannen vielleicht schon in einer sehr frühen Periode der Erdgeschichte und wurden von Zeit zu Zeit erneuert.

Die *Plateaubewegungen* unterscheiden sich von den kontinentalen hauptsächlich durch ihre geringere Grösse. Die entstehenden Schollengebirge werden aus zahlreichen zerbrochenen Blöcken gebildet, die oft, entsprechend der relativen Hebung oder Senkung, in verschiedenen Winkeln zueinander geneigt sind. Bei den Plateaubewegungen sind vertikale Kräfte herrschend, horizontale treten zurück.

Bei den *gebirgsbildenden* oder *orogentischen Bewegungen* haben die wirksamen Kräfte die Form *lateralen* oder *tangentialen Schubs*. Es findet eine Zusammenpressung und Zerlegung der oberflächennahen Lagen der Erdkruste unter Bildung von *Faltungen*, *Übersaltungen*, *Schiebungen*, *Überschiebungen* und *Verwerfungen* statt. Die Falten werden gewöhnlich durch die vertikale Komponente des horizontalen Schubs herausgehoben, die herrschende Kraft ist jedoch lateral.

Krustenbewegungen haben zahlreiche Ursachen, deren wichtigste wohl die folgenden sind: Absinken von Krustenteilen infolge der Wirkung der Schwerkraft, Schwimmen der oberflächlichen Massen auf einem schwereren Untergrund, magmatische Vorgänge und *Isostasie*.

Nach der Art der Bewegungen und der Strukturen lassen sich die Dislokationsgebirge in folgende Gruppen einteilen:

1. *Schollengebirge*.
2. *Faltungsgebirge*
  - a. *Faltengebirge*
  - b. *Bruchfaltengebirge*
  - c. *Deckfaltengebirge*.

## CHAPTER IV.

### VULCANISM.

The term *vulcanism*, in its widest sense, includes all phenomena relating to *volcanoes*, to *geysers*, and to magmatic activities at greater depth in the earth's crust. It therefore includes, on the one hand, phenomena which cause *molten rocks* to rise to the surface to solidify as volcanic rocks; it includes, on the other hand, those processes by which rock *magma* does not reach the surface, but consolidates below to form *plutonic* and *hypabyssal* rocks. In this chapter the former processes only will be considered; the latter processes will be dealt with in the chapter on petrology.

#### VOLCANOES.

*Volcanoes* are circumscribed *vents* in the *earth's crust*, from which issue molten rocks, pyroclastic material, vapours, and gases. The ejected material frequently forms *conical hills*, or conical mountains, ending at their *summit* in cup-shaped hollows, called *craters*. In active volcanoes, the primary (original) craters, or the younger *parasitic craters* on their flanks, are the vents through which issue the liquid, solid, or gaseous products. In *extinct volcanoes* the old craters may be infilled. Most volcanoes are active only at certain periods; a *quiescent volcano* may be extinct or *dormant*.

#### PRODUCTS OF VOLCANIC ACTIVITY.

The products of volcanic eruptions may be classed as (1) Lava, (2) Pyroclastic Material, and (3) Gases and Vapours.

**Lava.** *Lava* is the term applied to liquid rock issuing from a *volcanic vent*, as well as to the solid rock formed when the molten rock cools and hardens. Some lavas flow more freely than others; the distance travelled depends on the *viscosity* of the lava, and the *gradient* down which it moves.

## KAPITEL IV.

### VULKANISMUS.

Der Begriff *Vulkanismus* im weitesten Sinne schliesst alle Erscheinungen ein, die mit *Vulkanen*, *Geysiren* und magmatischer Tätigkeit in grösseren Tiefen der Erde in Zusammenhang stehen. Er umfasst also einerseits die Vorgänge, auf Grund deren *schmelzflüssige Gesteinsmassen* an die Erdoberfläche steigen und hier als vulkanische Gesteine erstarren und andererseits die Vorgänge, bei denen das *Magma* die Erdoberfläche nicht erreicht, sondern in der Tiefe als *plutonische* oder *hypoabyssische Gesteine* erstarrt. In diesem Kapitel sollen hier nur die erstgenannten Vorgänge besprochen werden, die letztgenannten werden im Kapitel Petrologie abgehandelt.

#### VULKANE.

*Vulkane* sind begrenzte *Öffnungen* in der *Erdkruste*, aus denen *schmelzflüssige Gesteinsmassen*, *pyroklastisches Material*, *Dämpfe* und *Gase* austreten. Das ausgeworfene Material bildet häufig *kegelförmige Hügel* oder *Berge*, die am *Gipfel* in eine schüsselförmige *Höhlung*, den *Krater*, enden. Der primäre *Krater* oder jüngere, *parasitäre Krater* seitlich des ursprünglichen, sind bei *tätigen Vulkanen* die *Öffnungen*, aus denen die flüssigen, festen oder gasförmigen *Produkte* austreten. In *erloschenen Vulkanen* können die alten *Krater* aufgefüllt sein. Die Mehrzahl der *Vulkane* ist nur in gewissen *Perioden* tätig; ein *ruhender Vulkan* kann erloschen oder *schlafend* sein.

#### PRODUKTE VULKANISCHER TÄTIGKEIT.

Die *Produkte vulkanischer Eruptionen* können in 1. *Lava*, 2. *pyroklastisches Material* und 3. *Gase* und *Dämpfe* eingeteilt werden.

**Lava.** *Lava* wird sowohl das aus dem *Vulkanschlot* austretende *schmelzflüssige Gestein*, als teilweise auch das durch *Abkühlung* und *Erhärtung* dieser *Schmelze* entstandene feste *Gestein* genannt. Manche *Laven* fließen leichter als andere; die *Strecke*, die sie fließen, hängt von ihrer *Zähigkeit* und der *Bodenneigung* ab.

When lava cools on the surface, the contained gases expand as they escape; a *cindery rock* having a scoriaceous surface and called *scoria*, is thus formed. According to the conditions under which it solidified, lava may be of two kinds, *block lava*, and *ropy lava*. The former consists of rough, slaggy fragments; the latter of coherent, twisted, rope-like masses.

The temperature of lava is difficult to measure. In the case of certain lavas, however, it was determined that the temperature was sufficiently high to melt silver (960°C.) and copper (1,060°C.). From these and other facts it has been deduced that the *original temperatures* of some lavas, near the surface, must have been considerably above 1,100°C.

**Pyroclastic Material.** *Pyroclastic material* is the term used for the fragments of rock blown out during *volcanic eruptions*. The material consists, in part, of fragments of lava that had previously solidified in the *vent*, or had become hardened during flight through the air; and, in part, of fragments of the adjacent rock. The fragments vary in size from microscopical particles to pieces weighing several tons.

*Lapilli* are ejected fragments of lava varying in size and form from that of a walnut to that of a pea; fragments larger in size are called *volcanic bombs*. If the material is very fine, it is called *volcanic ash*, or *volcanic dust*. Such dust, when thrown high in the air and caught by winds in the upper layers of the atmosphere, may be carried hundreds of miles before it again falls on the surface of the earth. As the result of the great eruption of Krakatoa in 1883, the ejected finer particles of dust were in this way carried around the earth many times, and they gave rise to wonderful *sunset effects* in many parts of the world.

Rocks formed by the accumulation of volcanic ash, volcanic dust, and coarser fragments, are named *tuffs* and sometimes, *agglomerates*.

**Gases.** *Steam* is the chief of the volcanic *gases* and *vapours*. It is emitted in enormous volumes during almost all eruptions, and is, perhaps, the main cause of the explosive activity in volcanic eruptions. There are also present carbon dioxide  $\text{CO}_2$ , Chlorine  $\text{Cl}$ , hydrochloric acid  $\text{HCl}$ , sulphur dioxide  $\text{SO}_2$ , and

Kühlt Lava an der Erdoberfläche ab, so dehnen sich die in ihr enthaltenen Gase beim Entweichen aus. Es entsteht ein *schlackiges* Gestein mit *schaumiger Oberfläche*, das *Gesteins-schlacke* genannt wird. Je nach der Beschaffenheit der verfestigten Lava, unterscheidet man hauptsächlich *Block-* oder *Schollen-lava* und *Fladen-* oder *Stricklava*. Die erstere besteht aus rauen, zackigen Stücken, die letztere aus zusammenhängenden, tauförmig ausgezogenen und gedrehten Massen.

Die Temperatur der Laven ist nur schwer zu messen. In einigen Laven bestimmte man jedoch Temperaturen, die hoch genug waren, um Silber ( $960^{\circ}$ ) und Kupfer ( $1060^{\circ}$ ) zu schmelzen. Aus diesen Bestimmungen wurde neben anderen Gründen geschlossen, dass die *urprüngliche Temperatur* gewisser Laven in der Nähe der Erdoberfläche beträchtlich über  $1100^{\circ}$  gelegen haben muss.

**Pyroklastisches Material.** *Pyroklastisches Material* werden Gesteinsbruchstücke genannt, die während *vulkanischer Ausbrüche* ausgeworfen werden. Die Bruchstücke bestehen teils aus Lava, die entweder schon im *Schlot* verfestigt wurde oder erst während ihres Fluges durch die Luft erhärtete, teils aus Material des Nebengesteins. Die Grösse der Bruchstücke wechselt von mikroskopisch kleinen Teilchen bis zu Stücken, die mehrere Tonnen wiegen können.

*Lapilli* sind ausgeworfene Lavastückchen, die in Form und Grösse zwischen einer Wallnuss und einer Erbse stehen. Grössere Lavastücke bezeichnet man als *vulkanische Bomben*. Ist das Material sehr fein, so wird es *vulkanische Asche* oder *vulkanischer Staub* genannt. Wird derartige vulkanische Staub bei einer Explosion hoch in die Luft geschleudert und durch Winde weiter in die höheren Teile der Atmosphäre verfrachtet, so kann es hunderte von Meilen fortgeführt werden, ehe es wieder auf die Erdoberfläche fällt. So wurden bei dem grossen Ausbruch des Krakatau im Jahre 1883 die feineren Teile des vulkanischen Staubes, die bei der Eruption herausgeschleudert wurden, viele Male rund um die Erde gebracht und verursachten wunderbare *Sonnenuntergangerscheinungen* in vielen Teilen der Erde.

Die Gesteine, die aus den Ansammlungen vulkanischer Aschen, vulkanischen Staubes und größerer Bruchstücke gebildet werden, werden *Tuffe*, manchmal auch *Agglomerate* genannt.

**Gase.** Von *Gasen* und *Dämpfen* entweicht aus den Vulkanen hauptsächlich *Wasserdampf*. Er wird in grossen Mengen während fast aller Eruptionen abgegeben und ist vielleicht die Hauptursache der explosiven Tätigkeit bei vulkanischen Ausbrüchen. Ferner werden von Vulkanen Kohlendioxyd ( $\text{CO}_2$ ),



hydrogen sulphide  $H_2S$ . The sulphurous gases are liable to form sulphuric acid; and sulphur dioxide and hydrogen sulphide (sulphuretted hydrogen) frequently combine to form native sulphur and water.

#### TYPES OF VOLCANOES.

The simplest kind of volcano is the *embryonic volcano* (e.g., *Maare* of Eifel). It results from a single explosion by which a *funnel-shaped vent* is formed. The ejected material consists mostly of fragments of the adjacent rock; lava is generally absent.

If *viscous* lava is squeezed out of a vent in the crater, a volcanic *plug* may be formed. The best-known example of such a volcanic plug is the "*spine*" (needle) of *Mt. Pelée*.

If the lava is in a *highly fluid state*, and the surrounding country is gently inclined, the lava flows a considerable distance. This gives rise to a volcano of the *Hawaiian type* ("Shield" volcano).

If the volcano is in the form of a *conical mountain*, in which lava and pyroclastic material are *interbedded*, it is referred to as the *1'esuvian type*. This is the most common type of active volcano.

#### CAUSES OF VOLCANIC OUTBURSTS.

The *explosive action* accompanying *volcanic eruptions* is due chiefly to the gases and vapours held under pressure in lava.

Some eruptions are far more violent than others; the degree of violence appears to depend on:

- (1) The amount of gases in the liquid rock.
- (2) The viscosity of the lava. Viscous lavas are able to hold the *accumulated gases* longer, and hence the *explosive force* increases.
- (3) The *state of crystallization* of the lavas. Those in which crystallization commenced before the eruption are the more explosive.

#### CLASSIFICATION OF THE ERUPTIONS.

Volcanic eruptions can be classified according to the form taken by the magmatic extrusions, into the following groups: (1) Areal Eruptions, (2) Linear, or Fissure, Eruptions, (3) Central or Explosion Pipe Eruptions.

*Areal eruptions* are formed when large masses of magma reach the surface by melting their way through the crust. The

Chlor (Cl), Salzsäure (HCl), Schwefeldioxyd ( $\text{SO}_2$ ) und Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ), abgegeben. Die schwefelhaltigen Gase können Schwefelsäure bilden. Schwefeldioxyd kann sich mit Schwefelwasserstoff unter Bildung von *gediegen Schwefel* und Wasser verbinden.

#### VULKANTYPEN.

Der einfachste Typus eines Vulkans ist ein *vulkanischer Embryo* (*Maartypus*). Er verdankt seine Entstehung einer Explosion, bei der ein *trichterförmige* *Vulkanschlot* ausgesprengt wurde und etwas Material, meist Bruchstücke des Nebengesteins ausgeworfen wurden. Lava wurde meist nicht gefördert.

Wird *viskose Lava* aus einer *Krateröffnung* ausgepresst, so kann eine *Quellkuppe* entstehen. Das bekannteste Beispiel einer *Quellkuppe* ist die *Nadel des Mt. Pelée*.

Ist die Lava *dünnflüssig* und das Gelände flach geneigt, so strömt die Lava weit nach den Seiten. Es entsteht ein Vulkan vom *Hawaitypus* (*Schildvulkan*).

Stellt ein Vulkan einen *kegelförmigen Berg* vor, in dem Lava und pyroklastisches Material *wechsellagern*, so nennt man ihn *Stratovulkan* (*Vesuvtypus*). Dies ist der häufigste Typ der heute tätigen Vulkane.

#### URSACHEN VULKANISCHER AUSBRÜCHE.

Die *explosive Tätigkeit*, die *vulkanische Eruptionen* begleitet, beruht vorwiegend auf den Gasen und Dämpfen, die in der Lava unter Druck gehalten werden.

Manche Eruptionen sind viel heftiger als andere. Der Grad der Heftigkeit scheint von folgenden Faktoren abzuhängen:

1. Der Menge der Gase im schmelzflüssigen Gestein.
2. Der Viskosität der Lava. Viskose Laven können die *angesammelten Gase länger* einschliessen, wodurch die *explosive Kraft* wächst.
3. Dem *Kristallisationsstadium* der Laven. Laven, die mit der Kristallisation vor der Eruption beginnen, sind die *explosiveren*.

#### EINTEILUNG DER ERUPTIONEN.

Nach der Form des Magmendurchbruches kann man die Eruptionen in folgende Gruppen einteilen: 1. Arealeruptionen, 2. Linear- oder Spalteneruptionen und 3. Zentral- oder Punkteruptionen.

*Arealeruptionen* entstehen, wenn grössere Magmenmassen die Erdoberfläche durchschmelzen. Die Lava fliesst bei ihnen

lava flows quietly because the open vent allows free *emission of the gases*. Pyroclastic material is absent; explosive activity is here checked.

In *linear* or *fissure eruptions* the lava flows quietly out of fissures to form extensive, more or less horizontal, *flows*. Individual flows may be very thick, and several flows may be superimposed. Here, also, pyroclastic material is absent.

*Central*, or *explosion-pipe*, eruptions take place from a *central vent*; their occurrence is generally due to *gaseous explosions*. Lava, pyroclastic material, and fragments of the adjacent rock pierced by the vent, are deposited round the explosion pipes.

#### SOLFATARAS AND FUMAROLAS.

The *solfatara stage* is that period in the declining life of a volcano when its activity is confined to the emission of steam and gases; the volcano is in course of becoming extinct. Volcanoes in this stage are common in Iceland, and some other countries.

*Steam* is the chief product given off in *Fumaroles*. Sulphuretted hydrogen, *sulphides* and *chlorides*, are the main products of *solfataras*. The acid gases attack the pre-existing lava, ashes, and adjacent rocks, to form new minerals. *Carbon dioxide* is the chief gas emitted in *mofettes*.

#### GEYSERS.

*Geysers* are *intermittent hot springs*; they occur only in volcanic regions. Hot water, frequently containing dissolved material, is their only product. If the water contains a considerable amount of solid material in suspension, the geyser may be referred to as a *mud volcano*.<sup>1</sup>

The eruption of geysers is caused by steam under pressure. *Surface water* sinks until it comes in contact with rock sufficiently hot to heat the water to above *boiling point*; the water temperature increases to a point when its *vapour tension* is greater than the pressure of the overlying *column of water*; the water below

<sup>1</sup> In Germany, the term "Schlammvulkan" is used only for mud-flows related to deposits of hydrocarbons; the term has no connection whatsoever with volcanic activity.

ruhig, da eine grosse Fläche zur *Entgasung* frei liegt. Pyroklastisches Material fehlt, da explosive Tätigkeit zurücktritt.

Bei den *Linear- oder Spalteneruptionen* fliesst die Lava ebenfalls ruhig durch Spalten aus und bildet weit ausgedehnte, mehr oder weniger horizontale *Ströme*. Die einzelnen Ströme können sehr mächtig werden und verschiedene Ströme können übereinander folgen. Auch hier fehlt pyroklastisches Material.

Die *Zentral- oder Punkteruptionen* gehen von einem *zentralen Schlot* aus und verdanken ihr Dasein im allgemeinen einer *Gasexplosion*. Lava, pyroklastisches Material und Material des durchbrochenen Nebengesteins lagern sich rund um die Eruptionsöffnung.

#### SOLFATAREN UND FUMAROLEN.

Das *Solfatarnstadium* ist die Periode im absteigenden Leben eines Vulkans, in der seine Tätigkeit sich auf die Abgabe von Dämpfen und Gasen beschränkt; der Vulkan ist auf dem Wege, zu erlöschen. Vulkane, die sich in diesem Stadium befinden, sind in Island und anderen Gebieten häufig.

*Wasserdampf* ist das vorherrschende Produkt, das von *Fumarolen* abgegeben wird. Schwefelwasserstoff, *Sulfide* und *Chloride* sind die vorherrschenden Produkte der *Solfataren*. Die sauren Gase greifen die früher geförderte Lava, die Aschen und das Nebengestein an und geben oft zu einer *Neubildung von Mineralien* Anlass. In den *Mofetten* wird vorwiegend *Kohlendioxyd* abgegeben.

#### GEYSIRE.

*Geysire* (*Geiser*) sind *intermittierende heisse Quellen*, die in vulkanischen Gebieten auftreten. Heisses Wasser, das häufig gelöstes Material enthält, ist ihr einziges Produkt. Enthält das Wasser eine beträchtliche Menge festen Materials suspendiert, kann der Geysir als *Schlammvulkan*<sup>1</sup> (Schlammprudel) bezeichnet werden.

Der Ausbruch eines Geysirs wird durch Wasserdampf, der unter Druck steht, verursacht. *Oberflächenwasser* sickert nieder, bis es in Berührung mit Gesteinen kommt, die heiss genug sind, um es über den *Siedepunkt* zu erhitzen; die Temperatur des Wassers steigt hierbei bis zu einem Punkt, wo der *Dampfdruck* grösser wird, als der Druck der darüberstehenden *Wassersäule*; es bilden sich in der Tiefe zunächst Dampfblasen, deren *Ausdeh-*

<sup>1</sup> Im Deutschen wird der Ausdruck "Schlammvulkan" nur auf Bildungen angewandt, die im Zusammenhang mit Kohlenwasserstoffen auftreten und nichts mit vulkanischer Tätigkeit zu tun haben.

suddenly passes into steam, and its *expansion* causes the overflow of water on the surface; the *release of pressure* causes the super-heated water to change instantaneously to steam, which throws out a column of hot water and steam, high in the air.

Some geysers build up *cones* and *terraces* of the material precipitated from solution. The *precipitation* is due to *decrease of solubility* partly to *cooling*, and partly also, as in Yellowstone Park, U.S.A., to *algæ*, which can live in boiling water. *Siliceous sinter*, in particular, is formed in this way; its brilliant colours have been attributed to *algæ*. When these plants die through lack of hot water, the colours disappear.

*nung* und Hochsteigen ein Überfließen von Wasser an der Oberfläche verursacht; durch die hiermit verbundene *Druckentlastung* geht alles *überhitzte Wasser* in der Tiefe augenblicklich in Dampf über. Hierdurch wird die ganze Säule heißen Wassers mit dem Dampf hoch in die Luft hinausgeworfen. •

Manche Geysire bilden *Kegel* und *Terassen* von Material, das aus der Lösung ausgefällt wird. Diese *Fällung* beruht teils auf einer *Löslichkeitsverminderung* bei der *Abkühlung*, teils, wie im Yellowstonepark, U.S.A., auf der Tätigkeit von *Algen*, die in kochendem Wasser leben können. Besonders *Kieselsinter* wird auf diese Weise gebildet; die leuchtenden Farben dieser Bildungen werden den Algen zugesprochen. Sterben die Pflanzen nämlich infolge Mangels an heißem Wasser, so verschwinden auch die Farben. •

## CHAPTER V.

### PRINCIPLES OF STRATIGRAPHY.

Stratigraphy deals with *geological formations*, that is, with the great superimposed divisions which record the history of the earth.

*Stratigraphical divisions* are based entirely on data obtained from sedimentary rocks, and in particular from their *stratification* and *fossil content*. Due to the nature of its stratification (lithological character), a stratum, or series of strata, may be traced over wide extents. The *stratigraphical method* of determining the relative ages of strata is based on the principle that, in undisturbed areas, the newer bed rests on the older. The *paleontological method* of age determination is based on differences shown by *fossils* of one *stratum*, from those of another. Those fossils which are particularly suitable for determining age are known as *zone fossils*. Their value is greater, the greater their horizontal distribution, and the less their vertical distribution; and also the greater their world-wide distribution, and the more frequently they occur in the stratum.

*Stratified rocks* are divided into big divisions, known in Germany, and frequently also in England and America, as *formations*. At the *International Geological Congress* it was proposed to adopt the term *system* for the term "formation." Several formations, occurring in sequence and closely related in their fossil content, are grouped together into a single unit, called *group*. The formations themselves are divided into *series*, or *sections*; these are divided into *stages* and *substages*; these again into *horizons* or *zones*; and finally, within the zones, *individual strata* can be distinguished.

The term used for the time-division which corresponds to group is *era*; to formation or system, *period*; to series, the term *epoch*; and to stage, the term *age*.

## KAPITEL V.

### GRUNDLAGEN DER STRATIGRAPHIE.

Die Stratigraphie oder Formationskunde beschäftigt sich mit den *geologischen Formationen*, d.h. mit den grossen aufeinanderfolgenden Abschnitten der Geschichte der Erde.

Die *stratigraphische Gliederung* beruht ausschliesslich auf den Sedimentgesteinen, insbesondere auf deren *Schichtung* und *Fossilinhalt*. Vermöge der Schichtung lässt sich eine gegebene *Schicht* oder *Schichtfolge* oft auf weite Erstreckungen verfolgen. Bei dem *stratigraphischen Weg* der Altersbestimmung wird diese Aufeinanderfolge der Schichten als Grundlage benutzt, da in ungestörten Gebieten die jüngere Schicht stets auf der Älteren ruht. Der *paläontologische Weg der Altersbestimmung* stützt sich auf die Unterschiede, welche die *Versteinerungen* eines jeden *Schichtgliedes* vor denjenigen eines anderen zeigen. Diejenigen Fossilien, die zur Altersbestimmung besonders geeignet sind, werden als *Leitfossilien* bezeichnet. Ihr Wert ist um so grösser, je grösser ihr horizontales und je geringer ihr vertikales Auftreten ist, je weiter sie in der ganzen Welt verbreitet sind und je häufiger sie in einer Schicht vorkommen.

Man teilt die *Schichtgesteine* in grosse Abteilungen, die in Deutschland und auch in England und Amerika als *Formationen* bezeichnet werden. Auf den *internationalen Geologenkongressen* ist hierfür das Wort *System* vorgeschlagen worden. Mehrere aufeinanderfolgende, in ihrem organischen Inhalt einander nahestehende Formationen werden zu einer grossen Einheit, der *Gruppe* vereinigt. Die Formationen werden ihrerseits in *Abteilungen* oder *Stockwerke* zerlegt; diese werden weiter in *Stufen* und *Unterstufen* eingeteilt und diese wieder in *Lager* oder *Zonen*, innerhalb welcher man endlich *einzelne Schichten* unterscheiden kann.

Zeitlich entspricht der Gruppe die *Ära*, der Formation oder dem System die *Periode*, der Abteilung oder dem Stockwerk die *Epoche* und der Stufe das *Alter*.



## STRATIGRAPHICAL TABLE.

## V. CAINOZOIC GROUP.

- |               |   |   |
|---------------|---|---|
| 2. Quaternary | { | Recent  |
|               |   | Pleistocene (includes the Drift, or Diluvium) |
| 1. Tertiary   | { | Upper Tertiary { Pliocene                     |
|               |   | { Miocene                                     |
|               | { | Lower Tertiary { Oligocene                    |
|               |   | { Eocene                                      |
|               |   | { Palæocene                                   |

## IV. MESOZOIC GROUP.

- |               |   |                  |
|---------------|---|------------------|
| 3. Cretaceous | { | Upper Cretaceous |
|               |   | Lower Cretaceous |
| 2. Jurassic   | { | Upper Jurassic   |
|               |   | Middle Jurassic  |
|               |   | Lower Jurassic   |
| 1. Trias      | { | Keuper           |
|               |   | Muschelkalk      |
|               |   | Bunter           |

## III. PALÆOZOIC GROUP.

- |                               |   |                     |
|-------------------------------|---|---------------------|
| 6. Permian                    | { | Zechstein           |
|                               |   | Rotliegendes        |
| 5. Carboniferous              | { | Upper Carboniferous |
|                               |   | Lower Carboniferous |
| 4. Devonian                   | { | Upper Devonian      |
|                               |   | Middle Devonian     |
|                               |   | Lower Devonian      |
| 3 (h). Silurian               | { | Upper Silurian      |
|                               |   | Middle Silurian     |
|                               |   | Lower Silurian      |
| 3 (a). Ordovician             | { | Upper Ordovician    |
|                               |   | Middle Ordovician   |
|                               |   | Lower Ordovician    |
| 2. Cambrian                   | { | Upper Cambrian      |
|                               |   | Middle Cambrian     |
|                               |   | Lower Cambrian      |
| 1. Precambrian<br>or Archæan* |   |                     |

## II. PROTEROZOIC (ALGONKIAN) GROUP.\*

## 1. ARCHEOZOIC GROUP.\*

\* In England, the Precambrian includes all rocks older than the Cambrian, and is not included in the Palæozoic Group.

ENGLISCH-DEUTSCHE GEOLOGISCH-MINERALOGISCHE TERMINOLOGIE 50

# FORMATIONSTABELLE.

## V. NEOZOISCHE GRUPPE.

- |                     |  |
|---------------------|--|
| 2. Quartärformation | { Alluvium<br>Diluvium                               |
| 1. Tertiärformation | { Pliozän<br>Miozän<br>Oligozän<br>Eozän<br>Paleozän |

## IV. MESOZOISCHE GRUPPE.

- |                    |  |
|--------------------|--|
| 3. Kreideformation | { Obere Kreide<br>Untere Kreide  |
| 2. Juraformation   | { Oberer Jura (Malm)<br>Mittlerer Jura (Dogger)<br>Unterer Jura (Lias) |
| 1. Triasformation  | { Keuper<br>Muschelkalk<br>Buntsandstein                               |

## III. PALAEOZOISCHE GRUPPE.

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| 6. Permformation           | { Zechstein<br>Rotliegendes  |
| 5. Karbonformation         | { Oberkarbon (Produktives Karbon)<br>Unterkarbon (Kulm und Kohlenkalk) |
| 4. Devonformation          | { Oberdevon<br>Mitteldevon<br>Unterdevon                               |
| 3. Silurformation          | { Obersilur<br>Untersilur  |
| 2. Kambrische Formation    | { Oberkambrium<br>Mittelkambrium<br>Unterkambrium                      |
| 1. Präkambrische Formation | { Keewenawan<br>Huron<br>Keewatin                                      |

## II. EO- ODER PROTEROZOISCHE GRUPPE (ALGONKIUM).\*

## I. AZOISCHE ODER ARCHAISCHE GRUPPE.

\* Im englischen Sprachgebrauch umfasst das Präkambrium alle Formationen, die älter als Kambrian sind.

## CHAPTER VI.

### PALÆONTOLOGY.<sup>1</sup>

The animal kingdom is divided into a number of *phyla*, each *phylum* is divided into *classes*, each class into *orders*; the orders are divided into *families*; the families into *genera*; and the genera into *species*.

#### THE BRACHIOPODA.

The *shell* of a *brachiopod* consists of two *valves*. In many forms the valves are joined together by means of *hinge-teeth*; these forms belong to the group *Articulata*. In the group *Inarticulata*, the valves are held together by the *muscles* and the *mantle* only.

The valve in which the *beak*, or *umbo*, is perforated by the *pedicle foramen* is termed the *ventral valve*, or *pedicle valve*. The other is the *dorsal valve*, or *brachial valve*.

The umbones lie at the *posterior end* of the shell; the opposite part is called the *anterior end*. The length of the shell is measured from the posterior to the anterior end; its breadth is at right angles to its length; and its thickness is the maximum distance between the surfaces of the two valves.

In the case of *Terebratula*, two small triangular plates (*deltidial plates*) bound the *foramen* anteriorly. If the *deltidial plates* are removed, the gap which is then formed, and of which the *foramen* is a part, is termed the *delthyrium*. The *cardinal area* is the crescent-shaped concave area, on either side of the *deltidial plates*.

The two valves may be hinged together by means of a *pair of teeth* which fit into two hollows, called the *dental sockets*, in the *hinge plate* of the dorsal valve. The *divaricators* are muscles which were used for opening the valves; the *adductors* are muscles for closing the valves.

Inside the *shell*, or *test*, is the *loop*; it is attached to the *brachial valve*.

<sup>1</sup> The arrangement adopted in this chapter follows that in A. M. Davies's "An Introduction to Palæontology."

## KAPITEL VI.

### PALÄONTOLOGIE.<sup>1</sup>

Das Tierreich wird in eine Anzahl von Stämmen eingeteilt; jeder *Stamm* wird in *Klassen* geteilt, jede Klasse in *Ordnungen*; die *Ordnungen* werden in *Familien*, die Familien in *Geschlechter* (*Gattungen*) und die Geschlechter (*Genera*) in *Arten* eingeteilt.

#### DIE BRACHIOPODEN.

Die *Schale* eines *Brachiopods* besteht aus zwei *Klappen*. Bei manchen Formen werden die Klappen durch *scharnierartige Zähne* (sog. *Schloss*) zusammengehalten; diese Formen gehören zu der Gruppe der *Articulata*. Bei der Gruppe der *Inarticulata* werden die Klappen nur durch die *Muskeln* und den *Mantel* zusammengehalten.

Die *Klappe*, in der der *Schnabel* durch das *Stielforamen* durchbohrt wird, wird *Ventralklappe* oder *Stielklappe* genannt. Die andere ist die *Dorsalklappe* oder *Brachialklappe*.

Der *Schnabel* liegt am *Hinterrand* (*Schlossrand*) der Schale; das entgegengesetzte Ende wird *Vorderrand* (*Stirnrand*) genannt. Die Länge der Schale wird vom *Schlossrand* zum *Stirnrand* gemessen; ihre Breite steht im rechten Winkel zur Länge und ihre Dicke ist die maximale Entfernung zwischen den Oberflächen der beiden Klappen.

Bei *Terebratula* begrenzen vorne zwei kleine, dreiseitige Plättchen (*Deltidialplättchen*) das *Foramen*. Fehlen die *Deltidialplättchen*, so wird die hierdurch entstehende Öffnung, deren einer Teil das *Foramen* ist, *Delthyrium* genannt. Die *Kardinalzone* ist die halbmondförmige konkave Zone auf jeder Seite der *Deltidialplatten*.

Die beiden Klappen können mittels eines *Zahnpaares* (*Schlosszähne*) zusammenhängen, die in zwei Gruben in der *Schlossplatte*, die sogenannten *Zahngruben*, passen. Die *Divarikatores* sind Muskeln, die zum Öffnen der Schalen dienen, die *Adduktore*s werden zum Schliessen der Klappen benutzt.

Innerhalb der Schale befindet sich das *Armgerüst*, das an der *Brachialklappe* angeheftet ist.

<sup>1</sup> Die Anordnung in diesem Kapitel folgt A. M. Davies's "An Introduction to Palæontology."

## THE LAMELLIBRANCHIA.

These *bivalves* consist of a right and a left valve, almost of the same form; the left valve is, in most cases, like the mirror-image of the right valve. Each valve has an *umbo* and a *hinge line*.

In the majority of cases the shell is *bilaterally symmetrical* and *equivalve*; some lamellibranchs, like the *oyster*, are *inequivalve*. In order to distinguish the right from the left valve, the following points are helpful:

- (1) The *umbones* are generally directed anteriorly.
- (2) The *lunule* is anterior to the umbones.
- (3) The *external ligament* is generally posterior to the umbones.
- (4) The *pallial sinus* is posterior.
- (5) When only one *adductor impression* (*Monomyarian*) is present, it is the posterior.
- (6) When one adductor impression is larger than the other (*Anisomyarian*), the larger is the posterior.

## THE GASTROPODA.

The *gastropod shell* is *univalve*; in the majority of cases it is a *cone* coiled in a *helicoid spiral*. The horny or calcareous plate which closes the *aperture of the shell* is called the *operculum*; it is never hinged to the shell, but is attached to the *dorsal surface of the foot*.

Each turn of a spiral is called a *whorl*; all the whorls, except the last, form the *spire*. The *spiral line* between two whorls is called the *suture line*.

The inner faces of the whorl may be united into a solid *pillar* extending from the *base* to the *apex of the shell*; this pillar is termed the *columella*. In some gastropods the whorls are not united centrally into a columella, but are coiled round a central cavity, called the *umbilicus*. Gastropods that possess solid columella are said to be *imperforate*; those that do not, are *perforate gastropods*.

## THE CEPHALOPODA.

The main shell of *orthoceras* is divided internally into *septa* which are convex towards the *initial shell*, termed the *protoconch*; this was secreted in early life. At the opposite end from the protoconch is the *bodychamber*, which contained the animal's

### DIE LAMELLIBRANCHIATEN.

Die *Zweischaler* haben eine rechte und eine linke Schalenklappe, die meist dieselbe Form haben. Die linke Klappe ist in den meisten Fällen das Spiegelbild der rechten. Jede Klappe hat einen *Wirbel* (oder *Buckel*) und einen *Schlossrand*.

In der Mehrzahl der Fälle sind die Schalen *bilateral symmetrisch*, *gleichschalig*; manche Lamellibranchiaten, wie die *Auster*, sind *ungleichschalig*. Zur Unterscheidung der rechten und linken Klappe helfen folgende Punkte:

1. Die *Wirbel* sind gewöhnlich nach vorn gerichtet.
2. Das *Lunula* liegt vor dem *Wirbel*.
3. Das *äussere Ligament* liegt hinter dem *Wirbel*.
4. Der *Mantelsinus* liegt hinten.
5. Ist nur ein *Adduktoreneindruck* vorhanden (*Monomyarier*), liegt er am hinteren Ende.
6. Ist ein *Adduktoreneindruck* grösser als der andere (*Anysomyarier*), liegt der grössere im hinteren Teil.

### DIE GASTROPODEN.

Die *Gastropodenschale* ist *einschalig*; in der Mehrzahl der Fälle stellt sie einen *Konus* vor, der in einer *schneckenartigen Spirale* aufgewickelt ist. Die hornige oder kalkige Platte, die die *Schalenöffnung* (*Mündung*) schliesst, wird *Operculum* (*Deckel*) genannt. Sie ist nie an der Schale befestigt, sondern liegt am hinteren Rand des *Fussrückens*.

Jede Umdrehung der Schale wird *Umgang* genannt; alle *Umgänge*, mit Ausnahme des letzten, bilden das *Gewinde*. Die *Berührungslinie* zwischen zwei Umgängen heisst *Naht*.

Die Innenseiten der Windungen können zu einer festen *Spindel* vereinigt sein, die von der *Basis* (*Grundfläche*) bis zur *Spitze der Schale* reichen kann. Diese *Spindel* wird *Columella* genannt. Bei manchen Gastropoden sind die Windungen in der Mitte nicht zu einer *Spindel* verbunden, sind jedoch um eine mittlere Höhlung gewunden, die als *echter Nabel* bezeichnet wird. Gastropoden mit fester *Spindel* werden *imperforat* genannt, die eine solche nicht haben, sind *perforate Gastropoden*.

### DIE CEPHALOPODEN.

Der Hauptteil der Schale von *Orthoceras* ist im Inneren in *Scheidewände* (*Septen*) geteilt, die konvex gegen die *Embryonalkammer*, das *Protoconch*, gerichtet sind; dieses wurde im frühen Lebensstadium ausgeschieden. Am entgegengesetzten Ende des

body. Through the central perforations of the septa ran the *siphuncle*, which passed through the *gas chambers* back to the protoconch.

The *line of junction* of the edge of a septum with the external shell is termed the *suture*, or *septal suture*; it is seen only on the internal cast. In *Asteroceras obtusum*, for example, the shell is spirally coiled in a plane symmetrical spiral; each complete turn of the spiral is termed a *whorl*.

The degree of complexity of the *suture-line* of the ammonoids serves as a general indication of age. Simple, undivided *lobes* and *saddles*, for example, indicate Devonian or Carboniferous age; the Triassic period is specially characterized by ammonoids with broad rounded saddles, and *denticulate lobes* (*ceratitic sutures*). The *suture*, or *lobe lines*, of ammonites show complex outlines.

#### THE TRILOBITE.

The main part of the body of the fossil, called the *thorax*, is composed of a row of very short *segments*, or *somites*, all alike but generally becoming smaller in size posteriorly. The *headshield* is called the *cephalon*; the *tailshield* is called the *pygidium*.

In *Calymene blumenbachi* two parallel grooves run from end to end, dividing the whole body into three parts, the median, strongly-arched portion (*mesotergum*), and two lateral, flatter portions (*pleural regions*). Each *thoracic somite* consists of an *axis* and a pair of lateral *pleura*. The *cephalon* shows the same trilobed character as the thorax and pygidium.

The central part of the head is called the *glabella*; the *cheeks* are termed *genæ*. On each cheek in the above-named trilobite is a fine dividing line, the *facial suture*, which starts at the outer end of the posterior margin of the head, and passes forward over the palpebral lobes of the eyes, to the anterior margin. The *free cheek* lies external to the facial suture; the *fixed cheek* is attached to the glabella.

#### THE ECHINODERMATA.

A crinoid, like *Cupressocrinus gracilis*, consists of a *root*, *stem*, and *crown*. The stem consists of *stem-ossicles*, or *columnals*, through which run a *central tube*, the *axial canal*. The crown is divided into *theca* or *calyx*, and five *arms*. The visible part of the calyx, when the arms are closed, is called the *dorsal cup*; the *ventral tegmen* is hidden.

Protoconch befindet sich die *Wohnkammer*, die den Körper des Tieres enthält. Durch die inneren Durchbohrungen der Septen geht der *Sipho*, der durch die *Gaskammern* zum Protoconch verläuft.

Die *Anheftungslinie* der Scheidewände an der Innenwand des Gehäuses heist *Lobenlinie* (*Sutur*); sie kann nur im inneren Gehäuse beobachtet werden. So ist zum Beispiel bei *Asteroceras obtusum* die Schale in einer ebenen Spirale aufgerollt; jede volle Umdrehung der Spirale wird als *Windung* bezeichnet.

Der Grad der Verwicklung der *Lobenlinie* dient bei den Ammoniten als allgemeines Alterszeichen. Einfache, ungeteilte *Loben* und *Sättel* deuten zum Beispiel devonisches oder karbonisches Alter an; die Triasperiode wird besonders durch Ammoniten mit breiten, gerundeten Sätteln und *gezahnten Loben* (*Ceratitische Lobenlinie*) gekennzeichnet. Die *ammonitische Lobenlinie* zeigt sehr komplizierte Figuren.

#### DIE TRILOBITEN.

Der Hauptteil des Körpers des Fossils, *Thorax* (*Rumpf*) genannt wird aus einer Reihe sehr kurzer *Segmente*, oder *Somites*, aufgebaut die alle gleich sind, im allgemeinen aber nach hinten kleiner werden. Das *Kopfschild* wird *Cephalon*, das *Schwanzschild* *Pygidium* genannt.

Bei *Calymene blumenbachi* laufen zwei parallele Furchen von Ende zu Ende und teilen den ganzen Körper in drei Teile, den mittleren stark gewölbten Teil (*Spindclachse*, *Rhachis*) und zwei seitliche, flache Teile (*Pleuren*). Jedes *Thoraxsegment* besteht aus einer *Spindel* und einem Paar seitlicher *Pleuren*. Das *Kopfschild* zeigt dieselbe Dreiteilung, wie Thorax und Schwanzschild.

Der mittlere Teil des Kopfschildes wird *Glabella* genannt; die *Wangen* werden *Genae* genannt. Auf jeder Wange des obengenannten Trilobiten findet sich eine feine Trennungslinie, die *Gesichtsnah*, die an dem äusseren Ende der hinteren Kopfbegrenzung beginnt und von da an den *Augenhügeln* vorbei zum Vorderrand verläuft. Die *freie Wange* liegt ausserhalb der Gesichtsnah. Die *feste Wange* ist an der *Glabella* befestigt.

#### DIE ECHINODERMEN.

Ein Crinoid z.B. *Cupressocrinus gracilis* besteht aus einer *Wurzel*, einem *Stamm* und einem *Kelch*. Der Stiel besteht aus *Stielgliedern*, durch die ein *Zentralkanal*, der *Längskanal*, verläuft. Der Kelch wird in die *Theca* oder *Calyx* und fünf *Arme* geteilt. Der bei geschlossenen Armen sichtbare Teil des Kelches wird *Dorsalkapsel* genannt; die *ventrale Kelchdecke* ist verborgen.



The dorsal cup consists of two circlets of five plates each, called the *radials* and *basals*, and of a single *pentagonal plate*, the *infrabasal plate*, next to the stem. The plates meet along *suture lines*. The *mouth* is between five large plates, *interradial* in position; these five large plates are called *orals*, or *deltoids*.

#### THE GRAPTOLITES.

*Didymograptus murchisoni* is in shape somewhat like a tuning-fork. The *sicula* corresponds in position to the stem of the tuning-fork; at the *apex of the sicula* is the *neura* by which, it is supposed, the graptolite was attached to floating seaweed.

The two branches, or *stipes*, of the graptolites consist of a series of more or less cylindrical cups, called *thecæ*, or *hydrothecæ*. The *sicula* and *stipes* make up the complete skeleton, the *rhabdosome* (*polypary*), of the *colony* of polyps. The *sicula* is at the *proximal end* of the graptolite; the opposite part of the graptolite is called the *distal end*.

#### THE CORALS.

The *corals*, or *Anthozoa*, form a class of the phylum *Cœlenterata*. They are commonly attached, solitary (simple) or colonial, cylindrical animals with a radial symmetry. The *mouth*, which is surrounded by tentacles, leads through the *stomodæum* into the *cœlenteron*. The latter is divided into radial chambers by vertical *messenteries*. Frequently, a calcareous or horny skeleton is present.

*Zaphrentis konincki* is cone-like in shape, but with a more or less curved *axis*, the direction of curvature being due to the internal structure. At the broad (distal) end the cone has a hollow steep-sided, depression (*the calyx*) with a nearly flat floor. A well-marked groove, the *fossula*, extends from the centre of the floor to the side which corresponds to the convex curve of the cone. The sides and floor of the calyx bear a radiating series of over sixty *septa* arranged in two series, the *major septa* (or *entosepta*) and the *minor septa* (or *exosepta*).

The major septum, which corresponds to the middle line of the *fossula*, is called the *cardinal septum*; the primary septum opposite to it is called the *counter septum*. The two septa on both sides of the counter septum are the *counter-lateral*; and the two between them and the cardinal are the *alar septa*. Professor Duerden distinguishes the six first septa as *protosepta*, and the major septa that arrive later as the *metasepta*.

Die Dorsalkapsel besteht aus zwei Kränzen von je fünf Platten, die *Radialtäfelchen* und *Basaltäfelchen* genannt werden und aus einer einfachen fünfseitigen Platte, der *Infrabasalplatte*, unmittelbar auf dem Stiel. Die Platten treffen sich entlang *Suturlinien*. Der *Mund* befindet sich zwischen fünf grossen Platten in interradialer Stellung; diese fünf grossen Platten werden *Oralplatten* oder *Deltoidplatten* genannt.

#### DIE GRAPTOLITHEN.

*Didymograptus murchisoni* ähnelt in der Form etwas einer Stimmgabel. Die *Sicula* entspricht in der Lage dem Stiel der Stimmgabel; an der *Spitze der Sicula* befindet sich das *Nema*, durch das die Graptolithen an schwimmende *Tange* angeheftet wurden.

Die beiden Zweige, oder *Stipes*, des Graptolithen bestehen aus einer Reihe mehr oder weniger zylindrischer Zellen, *Thecae*, oder *Hydrothecae* genannt. Die *Sicula* und die Zweige bilden das vollständige Skelett, das *Rhabdosomen* der Kolonie. Das *Siculum* befindet sich am *proximalen Ende* des Graptolithen; der entgegengesetzte Teil des Graptolithen wird *Distulende* genannt.

#### DIE KORALLEN.

Die *Korallentiere* (*Polypen*) oder *Anthozoen* sind eine Klasse des Stammes der *Coelenteraten*. Es sind meist festsitzende, solitäre (Einzelformen) oder zu Kolonien vereinigte zylindrische Strahltiere mit einem von Tentakeln umstellten *Mund*, *Schlundrohr* und *Leibeshöle*. Letztere wird durch vertikale Fleischlamellen (*Mesenterialfalten*) in radiale Kammern geteilt. Häufig ist ein kalkiges oder horniges Skelett vorhanden.

*Zaphrentes konincki* hat kegelförmige Gestalt, jedoch mit mehr oder weniger gekrümmter *Achse*. Die Richtung dieser Krümmung hängt von der inneren Struktur ab. Am breiten (distalen) Ende hat der Kegel eine hohle Einsenkung mit steilen Wänden, den *Kelch* (*Calyx*), mit nahezu flachem Boden. Eine deutliche Grube, die *Septalgrube* oder *Fossula*, reicht von der Mitte des Bodens zur konvexen Seite des Korus. Die Wände und der Boden des Kelches tragen eine radial angeordnete Serie von über sechzig Septen, die in zwei Reihen, den *Hauptsepten* (*Entosepten*) und den *Nebensepten* (*Exosepten*), angeordnet sind.

Das *Hauptseptum*, das mitten durch die *Fossula* geht, wird *Kardinalseptum* genannt, das gegenüberliegende *Primärseptum* wird *Gegenseptum* genannt. Das Septenpaar an beiden Seiten des *Gegenseptums* sind die seitlichen *Gegensepten*, und das Paar zwischen diesen und dem *Kardinalseptum* sind die *Seitensepten*. Duerden bezeichnet diese ersten sechs Septen als *Protosepten* und die *Hauptsepten*, die später entstehen als *Metasepten*.

\* *Transverse sections* show that the cone is hollow, consisting of a *visceral cavity* with a comparatively thin wall (the theca) and divided by the septa into loculi.

#### THE PORIFERA.

The *skeleton* of the more primitive form of *Porifera* is composed of great numbers of separate *spicules*. Two kinds of spicules may be present (1) the *body spicules* and (2) the *dermal spicules*. In the higher orders of sponges, the spicules are united into a network.

#### THE PROTOZA.

Only two orders of Protozoa are found as fossils, namely (1) The Radiolaria and (2) The Foraminifera. The Radiolaria form a beautiful *lattice-work skeleton* of silica. The calcareous shell of the foraminifera is nearly always chambered. The *chambers* are arranged sometimes in a straight line, or in a zig-zag line, but most frequently in some sort of spiral. The foraminifera have been divided into 3 orders (1) Perforata, or Hyalina, (2) Imperforata, or Porcellanea, (3) Arenacea.

*Querschnitte* zeigen, dass der Kegel hohl ist. Er besteht aus einer *visceralen Höhlung* mit verhältnismässig dünnen Wänden (der *Theca* oder Mauer) und wird durch die *Septen* in Fächer geteilt.

#### DIE SCHWÄMME.

Das *Skelett* einer einfacheren Form eines *Schwammes* besteht aus einer grossen Anzahl einzelner *Spiesse* (Nadeln). Zwei Arten von Spiessen können vorhanden sein 1. *Körperspiculae* und 2. *Hautspiculae*. Bei den höheren Arten der Spongien sind die Spiesse zu einem Netzwerk vereinigt.

#### DIE PROTOZOEN.

Nur zwei Protozoenordnungen kommen fossil vor, nämlich 1. Die Radiolarien und 2. Die Foraminiferen. Die Radiolaren bilden ein schönes *Gitterskelett* von Kieselsäure. Die kalkige Schale der Foraminiferen ist nahezu immer gekammert. Die *Kammern* sind manchmal in einer geraden Linie oder in einer Zick-zack-Linie, meist aber in einer Art Spirale angeordnet. Die Foraminiferen werden in drei Ordnungen eingeteilt 1. *Perforata* oder *Hyalina*, 2. *Imperforata* oder *Porcellanea*, 3. *Arenacea*.

## CHAPTER VII.

### CRYSTALLOGRAPHY.

A *crystal* is a *homogeneous body* which, after unimpeded growth, is bounded by surfaces that are plane faces of definite geometrical shapes. The arrangement of the faces is on a *definite plan*, determined by the internal arrangement of the *atoms* composing the crystal. In *crystal aggregates*, however, the *true external form* of the crystal may be undeveloped, but the internal atomic arrangement is, nevertheless, always present.

Crystals, and crystal aggregates, are formed when, under certain conditions, a mineral changes from a *gaseous* or *liquid* state to the *solid state*.

In a non-crystalline, or *amorphous*, substance like glass, the atoms occur in groups of molecules that are not symmetrically arranged. The *interference phenomena* of *X-rays* have shown that when an amorphous substance changes into a crystalline state, the molecules generally lose their identity.

**Crystal Boundaries.** Crystals are bounded by faces, edges, and corners. Most *crystal faces* are *plane surfaces*. Under certain conditions they may, however, be curved, as in the *rhombohedral carbonates*, *dolomite* and *siderite*.

Two adjacent faces of a crystal intersect at an *edge*. The edges meet at a *corner*. A cube, for example, has six faces, twelve edges, and eight corners. Faces which intersect along edges which are parallel, lie in one *zone*. The angle between two faces of a crystal is called the *interfacial angle*; that between the edges, is termed the *edge angle*. The angles between two like faces, and between two like edges, of the same mineral, are constants. *Crystal angles* are measured by means of a *goniometer*.

**Simple Form ; Combination.** In an individual *cube*, like that of fluorite (fluorspar) the six faces are *alike*; the crystal is a *simple form*. A crystal made up of cubic and octahedral faces is referred to as a *combination* of a cube and octahedron.

## KAPITEL VII.

### KRISTALLOGRAPHIE.

Ein *Kristall* ist ein *homogener Körper*, der bei freier Entwicklungsmöglichkeit von ebenen Flächen bestimmter geometrischer Form gesetzmässig begrenzt ist. Diese *gesetzmässige Flächenanordnung* wird durch die *gesetzmässige innere Anordnung der Atome*, die den Kristall aufbauen, bestimmt. Die *äussere Eigenform* eines Kristalls kann zwar im Falle eines *Kristallaggregates* unentwickelt sein, der gesetzmässige innere atomare Aufbau wird hierdurch jedoch nicht beeinflusst. •

Kristalle und Kristallaggregate entstehen beim Übergang eines Stoffes aus dem *gasförmigen* oder *flüssigen Zustand* in den *festen Zustand*. •

In einer nichtkristallisierten oder *amorphen Substanz*, z.B. Glas treten die Atome in Molekülgruppen ohne gesetzmässige symmetrische Anordnung auf. Die *Interferenzerscheinungen der Röntgenstrahlen* haben gezeigt, dass die Moleküle beim Übergang einer amorphen Substanz in eine kristallisierte im allgemeinen ihre Bedeutung verlieren.

**Begrenzungsstücke der Kristalle.** Kristalle werden von Flächen, Kanten und Ecken begrenzt. Die *Kristallflächen* sind meist *ebene Flächen*. Unter gewissen Bedingungen können jedoch auch gebogene Flächen auftreten, z.B. bei den *rhomboedrischen Karbonaten*, wie Dolomit und Eisenspat.

Zwei benachbarte Flächen eines Kristalls schneiden sich in einer *Kante*. Mehrere Kanten treffen sich in einer *Ecke*. Ein Würfel hat z.B. sechs Flächen, zwölf Kanten und acht Ecken. Flächen, die sich in parallelen Kanten schneiden, liegen in einer *Zone*. Der Winkel zwischen zwei Flächen eines Kristalls wird *Flächenwinkel*, der Winkel zwischen zwei Kanten *Kantenwinkel* genannt. Die Werte dieser Winkel bleiben für gleichwertige Flächen und Kanten derselben Mineralart stets konstant. *Kristallwinkel* werden mit dem *Goniometer* gemessen.

**Einfache Form, Kombination.** Bei einem einzelnen *Würfel*, z.B. einem Würfel von Flussspat, sind alle sechs Flächen *gleichwertig*; der Kristall ist eine *einfache Form*; besteht ein Kristall jedoch aus den Flächen des Würfels und des Oktaeders, so bezeichnet man ihn eine *Kombination* von Würfel und Oktaeder.

**Distorted Crystals.** In many natural crystals, similar faces have not developed quite regularly. A crystal of *rock-salt*, which is normally a cube, may be much elongated in one direction to form a *distorted crystal*. It still, however, belongs to the cubic (isometric) system; the internal *crystal structure*, and the angle between the faces, remain unaltered.

**Symmetry of Crystals.** A *plane of symmetry* divides an ideal crystal into two halves, one of which is the exact mirror-image of the other. If one half of such a crystal be removed, and the plane of symmetry be occupied by a mirror, the *mirror-image* formed would replace exactly the missing half of the crystal.

Again, a crystal may be symmetrical about a line, the *axis of symmetry*. When a crystal having an axis of symmetry is rotated on that axis, it will, at a certain *stage of the rotation*, occupy again the same position in space. If the axis is of *two-fold symmetry* there will be two such positions in space; if of *six-fold symmetry*, there will be six. Axes of symmetry are of *two-* (binary), *three-* (trigonal), *four-* (tetragonal) or *six-* (hexagonal) *fold symmetry*.

Many crystals have a *centre of symmetry*, that is, like faces are arranged in pairs in corresponding positions on the opposite sides of a *central point*, known as the centre of symmetry.

The plane of symmetry, the axis of symmetry, and the centre of symmetry, are the three *simple criteria* by which the *external symmetry of crystals* is determined.

Other criteria of the simple elements of symmetry depending on the atomic structure of a crystal are *parallel gliding planes*. A *combination of movements* may result in a spiral axis, gliding plane, and rotary gliding plane. A *spiral axis* results from a combination of circular and *parallel gliding*; a "*Gleitspiegelung*" is a combination of reflection and parallel displacement; and *rotary reflection* a combination of rotation and reflection. The latter can be observed in the outer symmetry of the crystal.

**Crystallographic Axes.** The *inclination* of a given face is determined by the ratio of the *intercepts* it makes with three given axes. In the case of crystals, the axes are termed *crystallographic axes*; their *intersection point* is called the *origin*.

**Conventional letters and signs of Crystallographic Axes.** Crystallographic axes are lettered and given *positive* or

**Verzerrte Kristalle.** Bei den meisten natürlichen Kristallen sind auch gleichwertige Flächen nicht völlig gleichmässig entwickelt. Ein Kristall von *Steinsalz*, der gewöhnlich einen Würfel darstellt, kann in einer Richtung stark verlängert sein. Es entsteht ein *verzerrter Kristall*, der jedoch immer noch zum regulären System gehört; die innere *Kristallstruktur* und die Flächenwinkel bleiben unverändert.

**Symmetrieelemente der Kristalle.** Eine *Symmetrieebene* (*Spiegelebene*) teilt einen Kristall von idealer Ausbildung in zwei gleiche spiegelbildliche Hälften. Wird die eine Hälfte eines derartig symmetrischen Kristalls fortgenommen und wird die Symmetrieebene durch einen Spiegel ersetzt, so zeigt das entstehende *Spiegelbild* genau die fehlende Hälfte des Kristalls.

Kristalle können ferner nach einer Geraden, der *Symmetrieachse*, symmetrisch sein. Wird ein Kristall um eine Symmetrieachse gedreht, so nimmt er nach einem gewissen *Drehungswinkel* wieder dieselbe Stellung im Raum ein, wie die Ausgangsstellung. Ist die Achse *zweizählig*, so gibt es zwei solcher Stellungen im Raum, ist sie *sechszählig*, so gibt es sechs solcher Stellungen. Bei Kristallen treten *zwei-, drei-, vier-, und sechszählige Symmetrieachsen* auf.

Viele Kristalle haben ein *Symmetriezentrum*, das heisst ihre Flächen sind paarweise in entsprechenden Stellungen auf der entgegengesetzten Seite eines *Mittelpunktes*, des Symmetriezentrums angeordnet.

Symmetrieebenen, Symmetrieachsen und Symmetriezentrum sind die *einfachen Deckoperationen*, durch die die *äussere Kristallsymmetrie* bestimmt wird.

In Bezug auf den atomaren Aufbau der Kristalle sind als einfache Symmetrieelemente noch die *Translation* (Parallelverschiebung) und als weitere, *zusammengesetzte Deckoperationen* Schraubung, Gleitspiegelung und Drehspiegelung zu unterscheiden. Eine *Schraubung* ist eine Kombination einer *Drehung* und einer *Parallelverschiebung*, eine *Gleitspiegelung* ist eine Kombination einer Spiegelung und einer Parallelverschiebung und eine *Drehspiegelung* eine Kombination einer Drehung und einer Spiegelung. Die letztere ist auch in der äusseren Kristallsymmetrie zu beobachten.

**Kristallachsen.** Die *Neigung* einer beliebigen Fläche ist durch das Verhältnis ihrer *Abschnitte* auf drei gegebenen Achsen bestimmt. Zur Bestimmung der Kristalle denkt man sich drei solcher Achsen, die *Kristallachsen*, in den Kristall hineingelegt. Der *Schnittpunkt* der drei Achsen wird *Ursprung* genannt.

**Vereinbarte Buchstaben und Vorzeichen für die Kristallachsen.** Die Kristallachsen werden auf Grund einer



*negative signs* according to convention. The front-to-back axis is lettered "a"; the right to left is the "b" axis; and the vertical, the "c" axis (*vertical axis*). The front end of the "a" axis, the right-hand end of the "b" axis, and the top of the "c" axis are given the positive sign, and the other ends the negative sign.

**Parameters. Axial Ratios.** The *parameters* of a crystal face are the ratios of the distances at which the face, or its prolongation, cuts the crystallographic axes, as measured from the origin.

The parameters of the *unit form* are measured and expressed as multiples of one of them (generally of "b"), which is taken as unity; this expression is termed the *axial ratio*.

**Coefficients. Indices.** *Symbols* of crystal faces are given as coefficients or as indices. The *coefficients* of a particular face are the intercepts it makes with the three axes. They are expressed as whole numbers, obtained by multiplication, and one of the intercepts is generally reduced to unity. The *symbol of a face* is generally written as  $ma : nb : pc$ .

*Indices* are the *reciprocals* of the parameters; the most general symbol is  $h k l$ . Indices are much used in crystallographic notation.

**Description of Crystals.** The *reading position* of a crystal is that in which it is held in space for reading or drawing it. To *describe a crystal* it must be held so that all parallel lines appear to be parallel, and so that the *crystal zones* can be seen clearly. Crystals in such a position are said to be in *parallel perspective*. In many cases the *build of the apex* of the crystal suffices; from this the crystal faces are easily projected on an *axial plane*.

**Crystal Projection.** The chief method now used for *crystal projection* is the *stereographic projection*. To obtain this, the crystal is supposed to be placed within a *sphere*, from the centre of which *normals* to the faces are drawn. The point where each normal to a face meets the surface of the sphere is called the *pole of the face*; it is the projection point of the face on the surface of the sphere. The *polar points* must then be projected on a plane. Usually, the horizontal (equatorial) plane passing through the centre is chosen on which to project these points. The eye is supposed to be placed on the surface of the sphere at its *south pole*. The point where the line joining the

Vereinbarung mit Buchstaben bezeichnet und mit *negativem* und *positivem Vorzeichen* versehen. Die von vorn nach hinten verlaufende Achse wird mit "a" (*Längsachse*), die von rechts nach links verlaufende mit "b" (*Querachse*) und die vertikale mit "c" (*Vertikalachse*) bezeichnet. Das auf den Beschauer zu stehende Ende der a-Achse, das rechte Ende der b-Achse und das obere Ende der c-Achse erhalten positive, die entgegengesetzten Enden der drei Achsen negative Vorzeichen.

**Achsenabschnitte. Achsenverhältnis.** Die *Achsenabschnitte* oder *Parameter* sind die Entfernungen, die eine Kristallfläche, oder falls notwendig ihre Verlängerung, auf den Kristallachsen abschneidet.

Zur Bestimmung des *Achsenverhältnisses* werden die Parameter der *Einheitsfläche* bestimmt und als Vielfaches einer von ihnen (meist b), die gleich 1 gesetzt wird, ausgedrückt.

**Koeffizienten. Indizes.** Zur *Symbolisierung* der Kristallflächen benutzt man die Koeffizienten oder die Indizes. Die *Koeffizienten* einer beliebigen Kristallfläche sind stets ein Vielfaches der Achsenabschnitte der Einheitsfläche. Sie werden in ganzen Zahlen ausgedrückt, was sich durch Multiplikation stets erreichen lässt. Das *Symbol einer Fläche* wird allgemein  $ma : nb : pc$  geschrieben.

Die *Indizes* sind die *reziproken Werte* der Koeffizienten. Ihr Symbol wird allgemein hkl geschrieben. Sie werden heute in der Kristallbezeichnung allgemein benutzt.

**Kristallabbildungen.** Die *Aufstellung eines Kristalls* ist diejenige Stellung im Raum, in der der Kristall gehalten wird, um ihn zu entziffern oder zu *zeichnen*. Bei den *Kristallabbildungen*, müssen die an einem Kristall vorhandenen parallelen Kanten auch parallel bleiben, damit die *Zonenverbände* sichtbar zu Tage treten. Kristalle werden daher *parallelperspektivisch* gezeichnet. Für viele Fälle genügt es, das *Kopfbild* eines Kristalls zu zeichnen. Hierbei werden die Kristallflächen einfach auf eine der *Achsenebenen* projiziert.

**Kristallprojektion.** Die heute vorwiegend angewandte *Kristallprojektion* ist die *stereographische Projektion*. Zur Herstellung eines solchen Projektionsbildes denkt man sich den Kristall in das Innere einer Kugel gestellt und fällt vom Mittelpunkt derselben auf jede Fläche das *Lot*. Die Durchstichpunkte dieser Lote auf der Kugeloberfläche, die sog. *Flächenpole*, sind dann die Projektionspunkte der Flächen auf der Kugel. Diese *Polygdr* muss nun in die Ebene projiziert werden. Als Zeichenebene wird hierbei meist die Äquatorialebene der Kugel gewählt. Man denkt sich die Flächenpole auf der Kugel durch Linien mit dem *Südpol (Augpunkt)* verbunden. Die Durchstichpunkte dieser

‘south pole, to the pole of the face, cuts the plane of projection is the projection of that pole. Crystal faces appear in stereographic projection as points; zones appear as “great circles” (*zone circles*). A special merit of this projection is the *correctness of the angles*. In practice, the placing of the polar points is omitted and the projection points of the faces are obtained by means of the stereographic plat of Wulff (*Wulff net*).

Other kinds of projections are the *linear projection* and the *gnomonic projection*.

**The Fundamental Laws of Crystallography.** There are three *fundamental laws*, related to one another, which determine *crystal growth*.

1. *Law of Constancy of Symmetry.* All crystals of a particular mineral have the same degree of symmetry.
2. *Law of Constancy of the Interfacial Angle.* The angle between any two like faces of a crystal form is a constant for all crystals of a particular mineral.
3. *Law of Rational Indices.* The intercepts of all crystal faces are either infinity, or small *rational multiples* of the *unit form*.

**Crystallographic Systems.** All *crystal forms* fall into six systems; these systems of crystals are further divided into classes.

The *Isometric* (or *Cubic*) *System* has three axes which are equal and at right angles.

The *Tetragonal System* has three axes at right angles. The two horizontal axes are *equal*, and the vertical axis is not equal to the other two.

The *Orthorhombic System* also has three axes at right angles, but they are all *unequal in length*.

The *Hexagonal System* has three equal horizontal axes, making  $120^\circ$  with one another, and an unequal vertical axis at right angles to the plane containing the three lateral axes.

In the *Monoclinic System* the three axes are unequal; the vertical and the right-to-left axes are at right angles to each other, and the front-to-back axis is inclined to the plane containing the other two.

In the *Triclinic System* the three axes are unequal, and are inclined to one another.

Linien auf der Zeichenebene sind dann die eigentlichen Projektionspunkte. Kristallflächen erscheinen somit bei der stereographischen Projektion als Punkte, und Zonen als grösste Kreise (*Zonenkreise*). Ein besonderer Vorzug dieser Projektion ist ihre *Winkeltreue*. In der Praxis übergeht man die Herstellung der Polfigur und zeichnet die Projektionspunkte der Flächen unmittelbar auf dem *Wulff'schen Netz*.

Weitere Projektionsarten sind die *Linearprojektion* und die *gnomonische Projektion*.

**Die Grundgesetze der Kristallographie.** Drei *Grundgesetze*, die sich alle gegenseitig aus einander ableiten lassen, bestimmen das *Kristallwachstum*.

1. Das Gesetz von der Konstanz der Symmetrie. Alle Kristalle einer Mineralart haben denselben Symmetriegrad.
2. Das Gesetz der Winkelkonstanz. Die Winkel zwischen zwei gleichwertigen Flächen einer Kristallform ist für alle Kristalle derselben Mineralart konstant.
3. Das Gesetz der rationalen Achsenabschnitte. Die Achsenabschnitte aller Flächen eines Kristalls sind einfache *rationale Vielfache* der Abschnitte der *Einheitsform* (einschliesslich unendlich).

**Kristallsysteme.** Sechs verschiedene Kristallsysteme genügen, um alle *Kristallformen* unterzubringen. Die Kristallsysteme werden wieder in Kristallklassen geteilt.

Im *regulären* (oder *kubischen* oder *isometrischen*) System haben wir drei gleichlange Achsen, die sich unter rechten Winkeln schneiden.

Das *tetragonale* (oder *quadratische*) System hat ebenfalls drei im rechten Winkel zueinander stehende Achsen. Die beiden horizontalen Achsen sind *gleichwertig*, die vertikale ist den beiden anderen nicht *gleichwertig*.

Auch das *rhombische* System hat drei unter rechten Winkeln stehende Achsen, die jedoch alle *ungleichwertig* sind.

Im *hexagonalen* System bilden drei gleichwertige horizontale Achsen Winkel von  $120^\circ$  miteinander und eine ungleiche vertikale Achse steht senkrecht auf der Ebene, die die drei anderen Achsen enthält.

Im *monoklinen* System sind alle drei Achsen *ungleichwertig*; die vertikale und die rechts-links verlaufende stehen im rechten Winkel zueinander; die von vorn nach hinten verlaufende Achse ist gegen die Ebene der beiden anderen Achsen *geneigt*.

Im *triklinen* System sind alle drei Achsen *ungleich* und alle sind *verschieden gegeneinander geneigt*.

**Holohedral, Hemihedral, and Tetartohedral Forms and Classes.** If crystals have the same degree of symmetry as the *normal class* to which they belong, they are said to be *holohedral* (the full number of crystal faces are present to show the complete symmetry of the crystal). There are six *holohedral crystal classes*. By *suppression of elements of symmetry* the full number of faces is reduced. When only half the full number of faces is present, the crystal form is said to be *hemihedral*. In the special case when a single plane of symmetry has been suppressed, the crystal is called a *hemimorph*. Further suppression of still remaining elements of symmetry gives rise to *tetartohedral classes* (a quarter only of the number of faces required by the symmetry of the system are present). In this way 32 classes of symmetry are obtained.

#### CRYSTAL FORMS IN THE DIFFERENT SYSTEMS.

Only the chief simple forms of the different crystal systems and classes are given below :

**Isometric System.** *Cube, rhombicuboctahedron, octahedron, tetrahexahedron, trisoctahedron, trapezohedron, hexoctahedron, tetrahedron, deltoid-dodecahedron, tristetrahedron, hexatetrahedron, pyritohedron, diploid.*

**Tetragonal System.** *Basal pinacoid, prisms of the first- and second order, ditetragonal prism, tetragonal pyramids of the first- and second-order, ditetragonal pyramid.*

**Hexagonal System.** *Basal pinacoid, hexagonal prisms of the first- and second-order, dihexagonal prism, hexagonal pyramids of the first- and second-order, dihexagonal pyramid. Rhombohedron, scalenohedron, trigonal pyramid and prism, ditrigonal pyramid and prism. Trigonal trapezohedron.*

**Orthorhombic System.** The shorter horizontal axis, the "a" axis, is the *brachy-axis*; the longer horizontal axis, "b," is the *macro-axis*.

*Basal pinacoid, macropinacoid, brachypinacoid, prism, macrodome, brachydome, pyramid (bipyramids).*

**Monoclinic System.** The front-to-back axis, "a," is the *clino-axis*; the "b" axis is the *ortho-axis*.

*Basal pinacoid, clinopinacoid, orthopinacoid, prism, clinodome, orthodome, hemi-orthodome, hemi-pyramids.*

**Triclinic System.** The front-to-back axis, "a," is the *brachy-axis*; the "b" axis is the *macro-axis*.

**Holoedrische, hemiedrische und tetartoedrische Formen und Klassen.** Haben Kristalle denselben Symmetriegrad, wie ihr zugehöriges *Achsenkreuz*, so heissen sie *Holoeder* oder *Vollflächner*. Es gibt also sechs *holoedrische Kristallklassen*. Durch *Unterdrückung von Symmetrieelementen* lassen sich aus diesen vollflächigen Klassen noch teilflächige ableiten. Die bei einer erstmaligen Unterdrückung von Symmetrieelementen hervorgehenden Symmetrieklassen heissen *hemiedrisch* und für den besonderen Fall, dass eine *singuläre Symmetrieebene* unterdrückt wird, *hemimorph*. Verbleiben den hemiedrischen Symmetrieklassen noch Symmetrieelemente, so können durch weitere Unterdrückung *tetartoedrische Klassen* entstehen. Insgesamt erhalten wir auf diese Weise 32 Symmetrieklassen.

#### KRISTALLFORMEN IN DEN VERSCHIEDENEN SYSTEMEN.

Im folgenden soll nur eine kurze Zusammenstellung der wichtigsten einfachen Formen, die in den verschiedenen Kristallsystemen und Kristallklassen auftreten, gegeben werden.

**Reguläres System.** *Würfel, Rhombendodekaeder, Oktaeder, Tetrakishexaeder (Pyramidenwürfel), Triakisoktaeder (Pyramidenoktaeder), Deltoidikositetraeder, Hexakisoktaeder, Tetraeder, Deltoiddodekaeder, Triakistetraeder, Hexakistetraeder, Pentagondodekaeder, Dyakisdodekaeder.*

**Tetragonales System.** *Basis, Prisma erster und zweiter Stellung, Ditetragonales Prisma, Tetragonale Bipyramiden erster und zweiter Stellung, Ditetragonale Bipyramide.*

**Hexagonales System.** *Basis, Hexagonale Prismen erster und zweiter Stellung, Dihexagonales Prisma, Hexagonale Bipyramide erster und zweiter Stellung, Dihexagonale Bipyramide, Rhomboeder, Skalenoeder, Trigonale Bipyramide und Prisma, Ditragonale Bipyramide und Prisma. • Trigonales Trapezoeder.*

**Rhombisches System.** Die kürzere horizontale Achse, die a-Achse ist die *Brachyachse*, die längere horizontale Achse, die b-Achse die *Makroachse*.

*Basis, Makropinakoid, Brachypinakoid, Prisma, Makrodoma, Brachydoma, Bipyramide.*

**Monoklines System.** Die vorn-hinten verlaufende Achse, die a-Achse, ist die *Klinoachse*; die b-Achse ist die *Orthoachse*.

*Basis, Klinopinakoid, Orthopinakoid, Prisma, Klinodoma, Orthodoma, Hemi-orthodoma, Hemi-pyramiden.*

**Triklines System.** Die vorn-hinten verlaufende Achse, die a-Achse ist die *Brachyachse*, die b-Achse ist die *Makroachse*.

*Basal pinacoid, macropinacoid, brachypinacoid, hemi-prisms, hemi-macrodomes, hemi-brachydomes, quarter-pyramids.*

### TWINNING.

A *twin crystal* consists of two or more single crystals, symmetrically related, but differently orientated. It is often a combination of two crystals which have grown in such symmetrical positions, that if one crystal be imagined as having been rotated on the reflection plane through an angle of  $180^\circ$ , it would then occupy a position in space in *parallel orientation* to the other.

The reflection plane is called the *twin-plane* or *twinning-plane*. In most cases it is an existing face, or *possible face*, of the single crystal, and its indices are simple. The twin-plane, however, is never a plane of symmetry of the single crystal.

The *composition-plane* is that on which the two halves of a twinned crystal are joined together. Frequently, but not in all cases, the composition-plane coincides with the twin-plane.

The *twin-axis* is the line about which one-half of a twin crystal has apparently rotated; it is at right angles to the twin-plane.

The indices of the twinning plane, or of the twin-axis, are referred to as the *twinning law*.

*Twin crystals* in which the individual crystals lie on opposite sides of the composition-plane are called *juxta-position twins*; those in which the two crystals interpenetrate are called *penetration twins*.

In *polysynthetic*-, or *repeated*-, or *multiple-twinning* the simple twin has been repeated, perhaps several times, as in the case of *albite twinning*. In *compound twins* the twinning, instead of having followed one twinning law as in simple twinning, has followed two or more twinning laws.

Twin crystals are generally easily distinguished from simple crystals by the presence of a *re-entrant angle*, by the *suture of the twin-plane*, and by the *orientation of striae*.

**Parallel Growth.** In *parallel growth* the individual crystals are similarly orientated; corresponding faces and edges are parallel, and so also are the crystallographic axes.

When crystals are aggregated together and not similarly orientated, they are said to form *irregular crystal aggregates*.

*Basis, Makropinakoid, Brachypinakoid, Hemi-prismen, Hemi-makrodomen, Hemi-brachydomen, Tetarto-pyramiden.*

#### ZWILLINGE.

Ein *Zwillingskristall* besteht aus zwei oder mehr *Einzelkristallen*, die gesetzmässig verwachsen, aber verschieden orientiert sind. Er stellt eine Verwachsung zweier, derartig in symmetrischer Stellung zueinander befindlicher Kristalle vor, dass durch Spiegelung nach einer Fläche oder durch eine  $180^\circ$  betragende Drehung um eine Achse der eine Kristall mit dem anderen in *Parallelstellung* und somit zur *Deckung* gebracht werden kann.

Die Spiegelfläche heisst *Zwillingsfläche* oder *Zwillingsebene*. Sie ist meist eine vorhandene oder mögliche Fläche der Einzelkristalle, gewöhnlich eine solche mit einfachsten Indizes. Nie ist sie jedoch eine Symmetrieebene der Einzelkristalle.

Die *Verwachsungsfläche* ist die Fläche, in der die beiden Hälften eines verzwilligten Kristalls verwachsen sind. Sie fällt häufig, aber nicht immer, mit der Zwillingsfläche zusammen.

Die *Zwillingsachse* ist die Gerade, um die die eine Hälfte eines Zwillingskristalls gedreht gedacht werden kann. Sie steht auf der Zwillingsfläche senkrecht.

Die Angabe der Indizes der Zwillingsfläche oder der Zwillingsachse wird das *Zwillingsgesetz* genannt.

*Zwillinge*, deren Individuen je auf einer Seite der Verwachsungsfläche aneinander liegen, heissen *Berührungszwillinge* oder *Juxtapositionszwillinge*. Durchdringen sich dagegen die beiden Hälften, so heissen sie *Durchwachsungszwillinge* oder *Penetrationszwillinge*.

Bei *polysynthetischen* oder *Wiederholungszwillingen* ist die einfache Verzwillingung oft mehrer Male wiederholt, wie beim *Albitzwilling* (*Viellinge*). Bei *zusammengesetzten Zwillingen* folgt die Verzwillingung nicht wie bei den einfachen Zwillingen nur einem Gesetz, sondern zwei oder mehr Gesetzen.

Von einfachen Kristallen unterscheiden sich die Zwillinge meist schon äusserlich durch *einspringende Winkel*, durch die *Zwillingsnaht* und durch *Fiederstreifung*.

**Parallelverwachsung.** Bei der *Parallelverwachsung* sind verschiedene Kristallindividuen gleich orientiert; entsprechende Kanten und Flächen, sowie die Kristallachsen sind parallel. Bestimmte Gesetze liegen dieser Parallelverwachsung jedoch nicht zu Grunde.

Sind die Kristalle ohne besondere Orientierung miteinander verwachsen, so bilden sie *unregelmässige Kristallaggregate*.



## CHAPTER VIII.

### PHYSICAL MINERALOGY.

Crystals are homogeneous solid bodies. Bodies exhibit their state of homogeneity by possessing the same *physical properties* in all directions. Bodies may be physically isotropic, or anisotropic.<sup>1</sup> In *anisotropic bodies*, the physical properties are dependent on directions; similar physical properties occur only in parallel directions, whereas in other directions these properties generally vary. *Isotropic bodies* possess the same physical properties in all directions as, for example, in an *amorphous solid body*. Crystals are anisotropic but may, however, be isotropic for certain physical processes.

It is necessary, when dealing with every *physical process* operating on a crystal, to differentiate between the crystal symmetry, and the *specific symmetry for the particular physical process*, for the latter may be independent of the crystal symmetry.

The physical properties of minerals, taken separately or as a whole, may be placed into two different classes, namely, the scalar group and the vectoral group. A *scalar property* is quite independent of direction; a *vectoral property* is dependent on direction. Specific gravity, for example, is a scalar property. *Cohesion*, *heat conductivity*, and optical, magnetic, and electrical properties belong to the vectoral group of properties.

Physical properties of minerals can be divided as follows :

1. Specific Gravity.
2. Cohesion. Here belong such properties as *tenacity*, hardness, cleavage, fracture, gliding planes, etc.

<sup>1</sup> In English-speaking countries, the terms "isotropic" and "anisotropic" are generally applied only to optical properties.

## KAPITEL VIII.

### KRISTALLPHYSIK.

Kristalle sind homogene feste Körper. Homogene Körper zeichnen sich physikalisch dadurch aus, dass sie in allen gleichen Richtungen dieselben *physikalischen Eigenschaften* zeigen. Homogene Körper können physikalisch isotrop oder anisotrop sein.<sup>1</sup> Bei den *anisotropen Körpern* sind die physikalischen Eigenschaften von der Richtung abhängig; nur in untereinander parallelen Richtungen treten gleiche physikalische Eigenschaften auf, in nicht parallelen sind die Eigenschaften im allgemeinen verschieden. *Isotrope Körper* haben auch nach allen verschiedenen Richtungen gleiche physikalische Eigenschaften (z.B. *amorphe feste Körper*). Die Kristalle sind anisotrop, können jedoch für einzelne physikalische Vorgänge isotrop sein.

Bei jedem *physikalischen Vorgang*, der in einem Kristall verläuft, ist zwischen der Symmetrie des Kristalls und der *Eigensymmetrie des physikalischen Vorgangs* zu unterscheiden. Denn die durch einen physikalischen Vorgang hervorgerufenen Phänomene sind ausser von der kristallographischen Symmetrie auch noch von der Symmetrie des betreffenden physikalischen Vorgangs abhängig.

Bei den physikalischen Eigenschaften der Mineralien kann man, wie bei allen physikalischen Zustandsgrössen, zwischen skalaren und vektoriellen *Zustandsgrössen* unterscheiden. Ein *Skalar* ist von der Richtung vollkommen unabhängig, bei den *Vektoren* ist der Angabe der Richtung notwendig. So ist z.B. das spezifische Gewicht ein Skalar. Vektorielle Eigenschaften der Mineralien sind z.B. *Kohäsion*, *Wärmeleitung*, optische, magnetische und elektrische Eigenschaften u.a.

Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien können folgendermaßen eingeteilt werden:

1. Spezifisches Gewicht.
2. Kohäsionseigenschaften. Hierzu gehören *Festigkeit*, *Härte*, *Spaltbarkeit*, *Bruch*, *Gleitung* u.a.

<sup>1</sup> Die Begriffe "isotrop" und "anisotrop" werden im englischen Sprachgebrauch nur auf optische Vorgänge beschränkt.

3. Optical Properties. Here belong colour, lustre, transparency, and the special optical characters of crystals.
4. Thermal Properties.
5. Electrical Properties.
6. Magnetic Properties.

#### SPECIFIC GRAVITY.

The *specific gravity* of a mineral is the ratio of its weight to that of an equal *volume* of water at 4° centigrade; in other words, it is the *absolute weight* of the mineral divided by the weight of an equal volume of water.

Strictly speaking, the *density* of a mineral is the mass of the *unit volume* of that mineral. It is proportional to the specific gravity because the mass of the body is proportional to its *weight*.

The specific gravity of minerals may be determined by means of a *chemical balance*, the *steelyard* or *beam balance*, *Westphal balance*, the *pycnometer*, *heavy liquids* (liquids of high density) or by the *hydrometer*.

#### FUSIBILITY.

Some minerals are easily *fusible* at comparatively low temperatures; others are *infusible* except at very high temperatures. The approximate *melting points* of the minerals in von Kobell's scale are: Antimonite (stibnite) 525°C.; natrolite 965°C.; almandite (almandine) 1,200°C.; actinolite 1,296°C.; orthoclase 1,300°C.; bronzite, 1,400°C.

#### COHESION.

**Cleavage.** *Cleavage* is a property of a crystal which enables it to break with flat surfaces along certain definite planes (*cleavage planes*). The cleavage faces yield the *cleavage form*. Cleavage may be *perfect* (*eminent*), *distinct* (*good*), or *imperfect*.

**Gliding-Planes.** As the result of strain produced by directional pressure, the molecules of some minerals, like those of antimonite crystals, glide along certain planes, called *gliding-planes*. This gliding movement commences without disturbing the cohesion of the crystal molecules. If the movement results in the disturbed part remaining in *parallel orientation* with the rest, it is called *translation*; if the disturbed part occupies a *twinning position*, the movement is referred to as *twin-gliding*. In this latter case, *secondary twinning-lamellæ* originate by

3. Optische Eigenschaften. Hierzu gehören Farbe, Glanz, Durchsichtigkeit und die eigentliche Kristalloptik.
4. Thermische Eigenschaften.
5. Elektrische Eigenschaften.
6. Magnetische Eigenschaften.

#### SPEZIFISCHES GEWICHT.

Das *spezifische Gewicht* eines Minerals ist das Verhältniß seines Gewichtes zu einem gleichen *Volumen* Wasser von 4° Celsius, mit anderen Worten es ist das *absolute Gewicht* des Minerals, dividiert durch das Gewicht eines gleichen Volumens Wasser.

Die *Dichte* eines Minerals ist, streng genommen, die *Masse des Einheitsvolumens* des Minerals. Sie ist dem spezifischen Gewicht proportional, da auch die Masse eines Körpers seinem *Gewichte* proportional ist.

Das spezifische Gewicht kann mit Hilfe der *Analysenwaage*, der *Balkenwaage*, der *Westphal'schen Waage*, dem *Pyknometer*, *schweren Lösungen* oder dem *Aerometer* bestimmt werden.

#### SCHMELZBARKEIT.

Manche Mineralien sind bei verhältnismässig niederen Temperaturen leicht *schmelzbar*, andere sind mit Ausnahme sehr hoher Temperaturen *unschmelzbar*. Die ungefähren *Schmelzpunkte* der Mineralien in der Skala von Kobell's sind: Antimonglanz 525°, Natrolith 965°, Almandin 1,200°, Aktinolith 1,296°, Orthoklas 1,300°, Bronzit 1,400°.

#### KOHASIONSEIGENSCHAFTEN.

**Spaltbarkeit.** *Spaltbarkeit* ist die Eigenschaft der Kristalle, bei Beanspruchung mit ebenen Trennungsflächen parallel bestimmter Kristallflächen (*Spaltflächen*) zu brechen. Die Spaltflächen liefern zusammen die *Spaltform*. Die Spaltbarkeit kann *vollkommen*, *deutlich* oder *unvollkommen* sein.

**Gleitung.** Bei Beanspruchung mancher Mineralien durch einseitigen Druck, z.B. bei Antimonglanzkrystallen, gleiten die Moleküle, ohne dass zunächst eine Trennung des Verbandes eintritt, entlang gewisser Ebenen, die *Gleitflächen* genannt werden. Bleiben die verschobenen Teile in *Parallelstellung*, so spricht man von *Translation*, treten sie in *Zwillingsstellung* zueinander, so spricht man von *Zwillingsgleitung*. Im letzten Falle entstehen durch die mechanische Einwirkung *sekundäre Zwillingslamellen*. Diese Zwillingsgleitung ist eine sogenannte

**mechanical means.** This twin-gliding is supposed to be a *simple movement*, that is, the parts are moved only a limited distance.

**Hardness.** The hardness of a mineral is tested by its *resistance to scratching* by an angular fragment of a mineral of known hardness. The scale of hardness in general use is the one introduced by Mohs. It is as follows: 1 Talc, 2 Gypsum, 3 Calcite, 4 Fluorite (Fluorspar), 5 Apatite, 6 Orthoclase, 7 Quartz, 8 Topaz, 9 Corundum, 10 Diamond.

The accurate determination of the degree of hardness is made with an instrument called the *sclerometer*.

**Sectility, Malleability, Ductility.** A *sectile mineral* can be cut into slices with a knife. A *malleable mineral* can be flattened out under a hammer. A *ductile mineral* can be drawn out in the form of a wire.

**Flexibility, Elasticity, Brittleness.** *Flexible minerals* can be bent without breaking; if the bent flake springs back to its original position, the mineral is *elastic*. A flake of chlorite, for example, is flexible but not elastic; a mica-flake is elastic. *Brittle minerals* crumble into powder, or loose grains, when cut.

**Fracture.** By fracture of a mineral is meant the kind of surface which results when the mineral is broken in directions other than those along cleavage faces. A fracture is *conchoidal* when the mineral breaks with convexities or concavities; that is, with shell-like fracture. A fracture may also be *even, uneven, hackly, splintery, or earthy*.

#### OPTICAL PROPERTIES OF MINERALS.

**Colour.** The colour of a mineral may be white, grey (gray), black, blue, green, yellow, red, purple, brown, or any mixtures of these colours.

The *streak* of a mineral is the colour of its powder; it is generally tested on a piece of unglazed porcelain, called a *streak-plate*.

**Lustre.** The chief kinds of *lustre* possessed by minerals are: *metallic, submetallic, vitreous, adamantine, resinous, greasy, pearly*, and *silky*. The lustre may be *brilliant (splendent, high)*, *glistening (medium)*, or *dull (weak)*.

**Opalescence, Iridescence.** *Opalescence* is the term used for the *milky, or pearly, internal appearance* of a mineral like opal, or the variety of orthoclase, moonstone.

**einfache Schiebung**, d.h. die verschobenen-Partien legen nur einen begrenzten Weg zurück.

**Härte**. Die *Härte* eines Minerals wird mittels seiner *Ritzbarkeit* durch ein spitzes Stück eines anderen Minerals von bekannter Härte geprüft (*Ritzhärte*). Die hierfür allgemein gebräuchliche *Härteskala* wurde von Mohs eingeführt. Sie hat folgende *Härtestufen*: 1 Talk, 2 Gips, 3 Kalkspat, 4 Flussspat, 5 Apatit, 6 Orthoklas, 7 Quarz, 8 Topas, 9 Korund, 10 Diamant.

Die genaue Bestimmung des Härtegrades wird mit einem Instrument, dem *Sklerometer*, ausgeführt.

**Schneidbarkeit, Geschmeidigkeit, Dehnbarkeit**. Ein *schneidbares Mineral* kann mit einem Messer in Scheiben geschnitten werden. Ein *geschmeidiges Mineral* kann mit einem Hammer ausgeplättet werden. Ein *dehnbares Mineral* kann in *Drahtform* ausgezogen werden.

**Biegsamkeit, Elastizität, Sprödigkeit**. *Biegsame Mineralien* können gebogen werden, ohne dass der Zusammenhalt verloren geht; springt eine solche Mineralplatte nach Aufhören des Druckes in die ursprüngliche Lage zurück, so ist das Mineral *elastisch*. So ist z.B. ein Blättchen von Chlorit biegsam, aber nicht elastisch, während ein Glimmerblättchen elastisch ist. *Spröde Mineralien* zerbrechen bei Beanspruchung in Pulver oder lockere Körner.

**Bruch**. Der Bruch, d.h. die Bruchfläche eines Minerals, die in einer Richtung liegt, die nicht einer Spaltfläche entspricht, ist *muschel*ig, wenn das Mineral mit konvexen oder konkaven Wölbungen, also mit muschelartiger Oberfläche bricht. Der Bruch kann ferner *eben*, *uneben*, *hakig*, *splitt*erig oder *erdig* sein.

## OPTISCHE EIGENSCHAFTEN DER MINERALIEN.

**Farbe**. Die *Farbe* eines Minerals kann weiss, grau, schwarz, blau, grün, gelb, purpur, braun oder irgend eine Mischung dieser Farben sein.

Der *Strich* eines Minerals ist die Farbe seines Pulvers; er wird gewöhnlich auf einem Stück unglasierten Porzellan, der *Strichplatte* geprüft.

**Glanz**. Die hauptsächlichsten Arten von *Glanz*, den Mineralien besitzen sind: *Metallisch*, *metallartig*, *glasig*, *diamantartig*, *harzig*, *fettig*, *perlmutterartig* und *seidig*. Der Glanz kann *hoch*, *mittel* oder *schwach* sein.

**Opalisieren, Irisieren**. Der Ausdruck *Opalisieren* bezeichnet ein *milchiges* oder *perlmutterartiges* inneres Aussehen eines Minerals, wie Opal oder die Orthoklasvarietät Mondstein.

The term *iridescence* (as in labradorite) is used for the *prismatic colours* seen in small fissures, and on tarnished surfaces, of some minerals.

**Asterism, Schillerization.** *Asterism* refers to the star-like rays of light seen in some minerals which contain very minute inclusions, e.g., phlogopite, *star sapphires*, *star rubies*.

*Schillerization* (*Aventurism*) is a kind of lustre, usually somewhat metallic, caused by reflection from inclusions arranged in definite directions.

**Transparent, Translucent, Opaque Minerals.** A clear piece of *rock crystal* (quartz) is *transparent*. A piece of milky quartz absorbs some of the light; milky quartz is *translucent*. Light cannot pass through pyrite; pyrite is *opaque*. Many minerals which are apparently opaque in *thick sections* become translucent in thin sections.

**Phosphorescence, Fluorescence.** Some minerals, after they have been exposed to light, been rubbed, or heated, have the property of being able to continue the emission of light; such minerals are said to be *phosphorescent*. A mineral that can emit light from within itself while being exposed to *direct radiation*, or to an *electrical discharge* in a *vacuum tube*, is said (in England) to be *fluorescent*.

In Germany these terms are used with a somewhat different meaning. The whole phenomena of the transformation of any kind of *energy* into *light-energy* are called "Luminisanz" (Luminescence). The following kinds are distinguished: "*Photoluminiszenz*" (Photoluminescence) is produced by radiation of light; "*Thermoluminiszenz*" (Thermoluminescence) by heat; "*Elektroluminiszenz*" (Electroluminescence) by electrical discharge; and "*Triboluminiszenz*" (Triboluminescence) by mechanical interference. Fluorescence and phosphorescence belong to the phenomenon, "*Photoluminiszenz*." *Fluorescence* is produced by light radiation; it disappears when the radiation at the source ceases. In the case of *phosphorescence*, the *emanations* continue some time after those from the source have ceased.

## OPTICAL CHARACTERS OF CRYSTALS.

Light is a regular periodic motion (vibration, oscillation) which has a certain finite period of vibration in space. The *vibrations* are simple *harmonic curves* which are *transverse* to the *direction of propagation*.

Der Ausdruck *Irisieren* (*Labradorisieren*) bezeichnet *Beugungsfarben*, die an kleinen Rissen und an trüben Oberflächen mancher Mineralien beobachtet werden.

**Asterismus, Schillern.** *Asterismus* bezeichnet die sternartigen Lichtstrahlen, die manche Mineralien mit regelmässigen, sehr kleinen Einlagerungen, wie Phlogopit, *Sternsaphir* und *Sternrubin* zeigen.

*Schillern* (*Aventurisieren*) ist eine Art von Glanz, der gewöhnlich etwas metallisch ist und ebenfalls durch die Reflexion von Licht an andersartigen Einschlüssen verursacht wird.

**Durchsichtige, durchscheinende, opake Mineralien.** Ein klares Stück *Befgkristall* ist *durchsichtig*. Ein Stück milchigen Quarzes absorbiert ein Teil des hindurch gesandten Lichtes. Milchquarz ist *durchscheinend*. Durch Pyrit kann Licht überhaupt nicht hindurchgehen, er ist *opak*. Manche in grösseren *Schichtdicken* opak erscheinenden Mineralien werden im Dünnschliff *durchscheinend*.

**Phosphoreszenz, Fluoreszenz.** Manche Mineralien, haben die Eigenschaft selbst wieder Licht auszusenden, wenn sie bestrahlt, gerieben oder erhitzt werden. Man nennt sie in England *phosphoreszierend*. Ein Mineral, das während *direkter Bestrahlung* oder während *elektrischer Entladungen* im *Vakuum* Licht aussenden kann, wird in England *fluoreszierend* genannt.

In Deutschland werden diese Begriffe anders gebraucht. Die Gesamtheit der Erscheinungen der Transformation irgendwelcher *Energiearten* in *Lichtenergie* wird *Luminiszenz* genannt. Man unterscheidet *Photoluminiszenz* durch Bestrahlung, *Thermoluminiszenz* durch Erwärmung, *Elektroluminiszenz* durch elektrische Entladung und *Triboluminiszenz* durch mechanische Eingriffe. Fluoreszenz und Phosphoreszenz gehören zur Photoluminiszenz. *Fluoreszenz* tritt bei Bestrahlung ein und verschwindet mit dem Aufhören der erregenden Ursache. Bei der *Phosphoreszenz* dauert die *Ausstrahlung* auch nach dem Aufhören der erregenden Ursache noch eine Zeitlang an.

## KRISTALLOPTIK.

Licht ist ein regelmässig periodischer Vorgang (Schwingung), der sich mit einer gewissen endlichen *Geschwindigkeit* im Raume ausbreitet. Die *Schwingungen* sind einfache *harmonische Sinusschwingungen*, die *transversal* zur *Fortplanzungsrichtung* verlaufen.



The *wave-length* is the distance between the two nearest particles which are moving with the same velocity and in the same direction; the two particles are in the *same phase*. Different *kinds of light* are distinguished by the size of their wave-lengths.

The *amplitude of vibration* is the distance from the central point of the wave to the point where the direction of motion is reversed (= *maximum displacement*).

The *period of vibration* is the interval of time for the periodic repetition of vibration; that is, the time necessary for the completion of one vibration.

**Ordinary and Polarized Light.** In *ordinary light*, the vibrations take place in all planes about the direction, or axis, of propagation. Light in which the vibrations are only in one plane, is said to be *plane-polarized*. It is *circular-* or *elliptical-polarized*, when the vibrations are circular or elliptical.

**Reflection of Light.** When a *ray of light* reaches the boundary between two different media, part of it is reflected back to the first medium. Light rays obey two *laws of reflection*:

1. The *angle of incidence* is equal to the *angle of reflection*.
2. The incident and reflected rays lie in the same plane as the normal to the surface.

**Refraction<sup>1</sup> of Light.** When light strikes, in an oblique direction, the boundary between two substances of different *optical density*, it is bent, or refracted. When it passes from an *optically denser* to an *optically less dense medium*, the refracted ray is bent away from the *normal*. Light obeys two laws of refraction:

1. The *sines* of the angles made by the incident and refracted rays with the normal, bear a definite ratio to one another. The law is:  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v}{v_1}$  where  $i = \text{angle of incidence}$ ,  $r = \text{angle of refraction}$ ,  $v$  and  $v_1 = \text{velocity of light in the two media}$ .

<sup>1</sup> The term "refrindex" is used in U.S.A. for the power of a substance to produce refraction of light.

Die *Wellenlänge* ist der Abstand zwischen zwei nächsten Teilchen, die sich mit derselben Geschwindigkeit und in derselben Richtung bewegen. Die beiden Teilchen befinden sich in *gleicher Phase*. Die verschiedenen *Lichtarten* unterscheidet man nach der Grösse der Wellenlänge.

Die *Amplitude der Schwingung* ist der Abstand vom Mittelpunkt der Welle bis zu dem Punkt, an dem die Bewegungsrichtung umkehrt (= *Weite der Ausschwingung*).

Die *Schwingungsdauer* ist das Zeitintervall der periodischen Wiederholung, das heisst die Zeit, die zur Ausführung einer Schwingung notwendig ist.

**Gewöhnliches und polarisiertes Licht.** Bei *gewöhnlichem Licht* wechseln die Schwingungen in schneller Folge rings um die Fortpflanzungsrichtung als Achse. Licht, dessen Schwingungen sich nur in einer einzigen Ebene vollziehen, heisst *gradlinig oder linear polarisiert*; es heisst *zirkular* oder *elliptisch polarisiert*, wenn die Schwingungen in Kreisen oder Ellipsen vor sich gehen.

**Reflexion des Lichtes.** Trifft ein *Lichtstrahl* auf die Grenze zwischen zwei verschiedenen Medien, wird ein Teil von ihm in das erste Medium zurückreflektiert. Lichtstrahlen gehorchen zwei *Reflexionsgesetzen*:

1. Der *Einfallswinkel* ist gleich dem *Reflexionswinkel*,
2. Die einfallenden und die reflektierten Strahlen liegen mit dem Einfallslot in derselben Ebene.

**Lichtbrechung.**<sup>1</sup> Geht Licht in einer beliebigen Richtung durch die Grenze zweier Substanzen verschiedener *optischer Dichte*, so wird es gebeugt oder gebrochen. Geht das Licht von einem *optisch dichteren* in ein *optisch dünneres Medium*, so wird der gebrochene Strahl vom *Einfallslot* weg gebeugt. Das Licht gehorcht zwei *Brechungsgesetzen*:

1. Die *Sinusfunktionen* der Winkel des einfallenden und des gebrochenen Strahls mit dem Einfallslot stehen in bestimmtem Verhältnis zueinander. Das Gesetz lautet:  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v}{v_1}$ , wobei  $i$  = *Einfallswinkel*,  $r$  = *gebrochener Winkel*,  $v$  und  $v_1$  = *Lichtgeschwindigkeiten* in den beiden Medien sind.

<sup>1</sup> In U.S.A. wird für das Brechungsvermögen einer Substanz der Ausdruck "refrignce" benutzt.

2. The incident and refracted rays are in the same plane; this plane is perpendicular to the surface between the two media.

The *ratio of the sines* of the angles in the first law is a constant for the same wave-length, in similar substances. If one medium is *air* ( $v=1$ ), then the *refractive index*  $n = \frac{1}{v_1} = \frac{\sin i}{\sin r}$ . The refractive index is thus the *reciprocal* of the *velocity of light*.

**Total Reflection.** If a ray of light passes from an optically denser medium to one less dense, it may happen that the *angle of refraction*  $r=90^\circ$ . In this case, and for greater angles of incidence, no light can enter the second medium. This phenomena is known as *total reflection*; the angle of incidence at which the reflected ray grazes the surface of the second medium is known as the *critical angle of reflection*.

**Double Refraction.** If a crystal of clear, transparent calcite, like *Iceland Spar*, be placed on a small spot, two images of the spot may be seen. Calcite is a *doubly-refracting mineral*.

When rays fall *normally* on the *cleavage rhomb* of calcite, the *ordinary ray* passes through it without being deflected, whilst the *extraordinary ray* is deflected. The two rays, on leaving the calcite, are *plane-polarised*. The *vibration directions* of the two rays are at right angles to each other. The extraordinary ray vibrates in the *principal section*, that is, in a plane the position of which is determined by the incident ray and by the "c" crystallographic axis. The ordinary ray vibrates at right angles to the principal section. The two rays have different velocities, and hence different refractive indices.

The *degree of double refraction* is a measure of the difference between the greatest and least index of refraction of the rays passing through a mineral. In quartz, for example, the refractive index of the ordinary ray is 1.544, and that of the extraordinary ray 1.553. The difference, 0.009, is the *birefringence* of quartz.

**Interference (Polarization) Colours.** The *relative retardation* of two rays passing through a doubly-refracting crystal section depends on the difference between their velocities, on the strength of the birefringence in that direction, on the *thickness of the flake*, and also on the wave-length. The greatest difference of the relative retardation is called the *maximum retardation*; it

2. Die einfallenden und die gebrochenen Strahlen liegen in derselben Ebene; diese Ebene steht senkrecht auf der Oberfläche zwischen den beiden Medien.

Das *Sinusverhältnis* der Winkel im ersten Gesetz ist bei derselben Wellenlänge für die gleiche Substanz konstant. Ist das eine Medium Luft ( $v=1$ ), so ist der *Brechungsindex* (*Brechungsexponent*, *Brechungsquotient*)  $n = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin i}{\sin r}$ . Der Brechungsindex ist also der *reziproke Wert* der *Lichtgeschwindigkeit*.

**Totalreflexion.** Geht ein Lichtstrahl aus einem optisch dichteren in ein optisch dünneres Medium über, so kann der Fall eintreten, dass der *Brechungswinkel*  $r=90^\circ$  wird, d.h. unter diesem oder grösserem Einfallswinkel tritt kein Licht mehr in das andere Medium ein. Die Erscheinung heisst *Totalreflexion* und der Einfallswinkel, unter dem die gebrochenen Strahlen das zweite Medium gerade streifen, wird als *Grenzwinkel der Totalreflexion* bezeichnet.

**Doppelbrechung.** Wird ein Kristall von klarem durchsichtigem Kalkspat (*Isländer Doppelspat*) auf einen kleinen Punkt gesetzt, so sind zwei Abbilder des Punktes zu beobachten. Kalkspat ist ein *doppelbrechendes Mineral*.

Fallen die Strahlen *senkrecht* auf das *Spaltungsrhomboeder*, so geht der *ordentliche Strahl*, ohne abgelenkt zu werden, durch den Kristall hindurch, während der *ausserordentliche Strahl* abgelenkt wird. Beide Strahlen sind nach dem Verlassen des Kalkspates *linear polarisiert*. Ihre *Schwingungsrichtungen* stehen senkrecht aufeinander. Der ausserordentliche Strahl schwingt im *Hauptschnitt*, d.h. der Ebene, die durch den einfallenden Strahl und die kristallographische c-Achse bestimmt ist. Der ordentliche Strahl schwingt senkrecht dazu. Beide Strahlen haben verschiedene Geschwindigkeiten und somit auch verschiedene Brechungsindizes.

Die *Stärke der Doppelbrechung* bezeichnet den Unterschied zwischen dem grössten und dem kleinsten Brechungsexponenten, die ein Mineral durchsetzen. So ist z.B. bei Quarz der Brechungsexponent des ordentlichen Strahles 1,544 und der des ausserordentlichen 1,553. Die Differenz 0,009 ist die Stärke der Doppelbrechung von Quarz.

**Interferenzfarben.** Die *Wegdifferenz* der beiden, eine doppelbrechende Kristallplatte durchsetzenden Strahlen hängt vom Unterschied in den Geschwindigkeiten ab, also einerseits von der Stärke der Doppelbrechung in dieser Richtung und andererseits von dem Weg, den die Strahlen durchlaufen d.h. von der *Dicke der Platte*, ferner von der Wellenlänge. Man nennt

is measured in millionths of a millimetre, or millimicrons ( $\mu\mu$ ).

If a *wedge-shaped preparation* of a doubly-refracting mineral be observed between *crossed nicols*, several colours, known as *interference (polarization) colours*, are seen. Certain colours, notably the red, are repeated; this repetition serves to divide the colours into *orders*.

**Isotropic Minerals.** Rays of light from a point within a piece of artificial glass travel through the glass with equal velocities in all directions. Glass is a *singly refractive substance*; it is *isotropic*. All minerals which crystallize in the isometric system are *optically isotropic*; they have only one index of refraction.

**Uniaxial Minerals.** Crystals belonging to the tetragonal and hexagonal systems are doubly refracting except in sections parallel to the basal plane. The velocity of the extraordinary ray changes with direction, whilst that of the ordinary ray is the same for all directions. The two rays travel with equal velocities, however, in one particular direction; there is no *double refraction* in this direction, which is called the *optic axis* of the crystal. The minerals are said to be *uniaxial*. In uniaxial minerals the optic axis coincides with the "c" crystallographic axis; the "c" axis is the *axis of isotropy*.

Uniaxial minerals have two *principal indices of refraction*. If the refractive index of the ordinary ray is the greater, the *character of the double refraction* of the given mineral is *negative*; if that of the extraordinary ray is the greater, the mineral is *positive*.

**Biaxial Minerals.** Minerals which belong to the orthorhombic, monoclinic, and triclinic systems have two directions in which there is no double refraction; the minerals are *optically biaxial*. The *optic axes* of *biaxial minerals* do not, however, coincide with the prominent crystallographic directions.

The angle between the optic axes is called the *optic angle*; the plane in which they lie, the *optic plane*. The bisectrix of the acute angle of the optic axes is called the *acute bisectrix*; that of the obtuse angle, the *obtuse bisectrix*. The normal to the optic plane is called the *optic normal*.

These three directions are the *optic axes of symmetry* of a crystal. In the orthorhombic system they coincide, for all wavelengths, with the three crystallographic axes. In the monoclinic

die Grösse den *Gangunterschied*. Er wird in Millionstel Millimetern ( $\mu\mu$ ) gemessen.

Beobachtet man ein *keilförmiges Präparat* eines doppelbrechenden Minerals zwischen *gekreuzten Nicols*, so beobachtet man verschiedene Farben, die *Interferenzfarben*. Bei ihnen wiederholen sich gewisse Farbqualitäten, besonders das Rot. Auf Grund dieser Wiederholung werden sie in *Ordnungen* eingeteilt.

**Isotrope Mineralien.** Lichtstrahlen, die von einem Punkt innerhalb eines künstlichen Glases ausgehen, gehen durch das Glas in allen Richtungen mit derselben Geschwindigkeit hindurch. Glas ist eine *einfachbrechende Substanz*, es ist *isotrop*. Alle Mineralien des regulären Systems sind *optisch isotrop*. Sie haben nur einen Brechungsindex.

**Einachsige Mineralien.** Kristalle des tetragonalen und hexagonalen Systems sind, mit Ausnahme von Schnitten parallel zur Basis doppelbrechend. Der ausserordentliche Strahl hat mit der Richtung wechselnde Geschwindigkeiten, während die Geschwindigkeit des ordentlichen Strahls nach allen Richtungen gleich ist. In einer Richtung haben die beiden Strahlen jedoch dieselbe Geschwindigkeit und *Doppelbrechung* findet in dieser Richtung nicht statt. Die Richtung wird als die *optische Achse* des Kristalls bezeichnet und die Mineralien werden optisch *einachsig* genannt. Bei den einachsigen Mineralien fällt diese Richtung stets mit der kristallographischen c-Achse zusammen. Die c-Achse ist *Achse der Isotropie*.

Einachsige Mineralien haben zwei *Hauptbrechungsindizes*. Hat der ordentliche Strahl den grösseren Brechungsindex, so ist der Charakter der *Doppelbrechung* des betreffenden Minerals *negativ*, hat dagegen der ausserordentliche Strahl den grösseren Brechungsindex, so ist der Charakter der Doppelbrechung *positiv*.

**Zweiachsige Mineralien.** Die Mineralien des rhombischen, monoklinen und triklinen Systems haben zwei Richtungen, in denen keine Doppelbrechung stattfindet, sie sind *optisch zweiachsig*. Die *optischen Achsen* der *zweiachsigen Mineralien* fallen jedoch nicht mit ausgezeichneten kristallographischen Richtungen zusammen.

Der Winkel zwischen den optischen Achsen heisst *Achsenwinkel*, die Ebene, in der sie liegen, *Achsenebene*. Die Halbierende des spitzen Winkels der optischen Achsen heisst *erste oder spitze Mittellinie* (*Bisektrix*), die Halbierende des stumpfen Winkels *zweite, oder stumpfe Mittellinie* (*Bisektrix*); die Senkrechte auf der Achsenebene heisst *optische Normale*.

Diese drei Richtungen sind die *optischen Symmetriachsen* zweiachsiger Kristalle. Sie fallen im rhombischen System mit den drei Kristallachsen für alle Wellenlängen zusammen. Im

system only one of these directions coincides, for all colours, with a crystallographic axis. The two other directions may have different positions for different colours; they may be *dispersed*. If the optic normal coincides with one of the axes of symmetry, it is referred to as *inclined dispersion*. If the acute bisectrix coincides with a crystallographic axis, *crossed dispersion* takes place; and if the obtuse bisectrix coincides with it, there is *horizontal dispersion*. In the triclinic system the optic directions do not coincide with any of the crystallographic directions; they are all dispersed.

Biaxial minerals have three *chief indices of refraction* in directions which coincide with the three axes of optic symmetry. If the direction giving the greatest refractive index  $\gamma$  (Z in U.S.A.) coincides with the acute bisectrix, the mineral is *optically positive*. If that giving the least refractive index  $\alpha$  (X in U.S.A.) coincides with the acute bisectrix, the mineral is *optically negative*. The direction having the intermediate refractive index  $\beta$  (Y in U.S.A.) coincides with the optic normal.

#### THE PETROLOGICAL MICROSCOPE.

The microscope is an instrument for producing an *enlarged image* of an *object*. The light falling on the *microscope mirror* is reflected through the object, and through the *lenses* which magnify it, to the eye.

Under the rotating *microscope stage*, which has a *graduated circle* and a *vernier*, is the *condenser*. After passing through the condenser and the mineral, the light passes into the *objective*, a *system of lenses* carried at the lower end of the *microscope tube*. At the upper end of the tube is the *eye-piece*, or *ocular*.

The object is *focussed* by means of two screws, one for *coarse-* and one for *fine-adjustment*.

Every *petrological (petrographic) microscope* has two *nicol prisms*, one of which is between the mirror and condenser, and the other above the objective. The lower *nicol* is called the *polarizer*; the upper, the *analyser*. The analyser may be fitted in the tube, or above the ocular. Both nicols can be removed easily from the *path of the rays*.

The ocular is fitted with two wires (or hairs) at right angles to each other; they are the *cross-wires* or *cross-hairs*. Each of the fine lines coincides with the *vibration-directions* through the polarizer and analyser respectively.

monoklinen System fällt nur noch eine dieser Richtungen für alle Farben mit der kristallographischen Symmetrieachse zusammen. Die beiden anderen Richtungen können für verschiedene Farben verschiedene Lage haben, sie können *dispargiert* sein. Fällt die optische Normale mit der Symmetrieachse zusammen, spricht man von *geneigter Dispersion*, fällt die erste Mittellinie mit ihr zusammen, entsteht *gekreuzte Dispersion* und fällt schliesslich die zweite Mittellinie mit der Symmetrieachse zusammen, so erhält man *horizontale Dispersion*. Im triklinen System fallen die optischen Richtungen mit keiner kristallographischen Richtung zusammen. Sie sind alle *dispargiert*.

Zweiachsige Mineralien haben drei *Hauptbrechungsindizes*, die mit den drei optischen Symmetrieachsen zusammenfallen. Fällt der grösste Brechungsexponent  $\gamma$  mit der spitzen Mittellinie zusammen, so ist das Mineral *optisch positiv*, fällt der geringste Brechungsexponent  $\alpha$  mit der spitzen Mittellinie zusammen, so ist das Mineral *optisch negativ*. Der mittlere Brechungsexponent  $\beta$  fällt stets mit der optischen Normale zusammen.

### DAS PETROGRAPHISCHE MIKROSKOP.

Ein Mikroskop ist ein Instrument des ein *vergrössertes Abbild* eines Objekts geben soll. Das Licht, das auf den *Mikroskopspiegel* fällt, wird durch das Objekt und die *Linse*, die dieses vergrössern, zum Auge geleitet.

Unter dem drehbaren *Mikroskoptisch*, der mit *Teilkreis* und *Nonius* versehen ist, befindet sich der *Kondensor*; nach Verlassen des Kondensors und des Minerals, geht das Licht in das *Objektiv*, ein *Linsensystem*, das sich am unteren Ende des *Mikroskoptubus* befindet. Am oberen Ende des Tubus befindet sich das *Okular*.

Das Objekt wird mittels zwei Schrauben, einer für *grobe Einstellung* und einer für *Feineinstellung* fokussiert.

Jedes *petrographische Mikroskop* hat zwei *Nicol'sche Prismen*, deren eines sich zwischen dem Spiegel und dem Kondensor befindet, während das andere oberhalb des Objektivs angebracht ist. Der untere *Nicol* wird *Polarisator* genannt, der obere *Analysator*. Der Analysator kann innerhalb des Tubus oder über dem Okular angebracht sein. Beide Nicols können leicht aus dem *Strahlengang* ausgeschaltet werden.

Das Okular ist mit zwei Fäden, die unter rechtem Winkel stehen, dem *Fadenkreuz*, versehen. Die beiden Fäden fallen mit den *Schwingungsrichtungen* von *Polarisator* und *Analysator* zusammen.



## MINERALS UNDER THE MICROSCOPE.

Transparent minerals are investigated under the microscope either as *grains*, or as *thin sections*. Thin sections are small flakes of minerals or rocks with a thickness of about 30 *microns* (30  $\mu$ ); they are mounted on glass slides (*object carriers*), by means of *Canada balsam* or *Kolloidith*, and covered with a *glass slip* or *cover glass*. Opaque minerals are examined as *polished sections*.

Investigations under the microscope can be placed in five groups: 1. Examination in ordinary, or unpolarized, light. 2. Examination in parallel polarized light, with one nicol. 3. Examination in parallel polarized light between crossed nicols. 4. Examination in convergent light between crossed nicols. 5. Examination under the ore (metallographic) microscope.

### I. EXAMINATION IN ORDINARY LIGHT.

**Form.** The minerals to be examined may be formed of *irregular grains*, or may show *crystal form*. The *crystal habit* may be *idiomorphic*, *tabular*, *short-columnar*, *prismatic*, *long-columnar*, *acicular* (*needle-like*), *fibrous*, etc. If the *crystal sections* show sharp boundaries, the angle can be measured by means of the graduated circle on the stage. The *length* and *breadth* of the crystal section can be determined by means of the *ocular micrometer*.

**Cleavage.** *Perfect cleavage* in a mineral appears under the microscope as a number of fine, straight, cracks. The relative position of the *cleavage-lines* depends, of course, on the direction the mineral is sectioned. A basal section of a mineral possessing good *prismatic cleavage*, like augite, shows two sets of cracks almost at right angles to each other; a similar section of hornblende shows, on the other hand, a *cleavage angle* of about  $124^{\circ}$ .

**Inclusions.** Frequently crystals contain *inclusions*; these may be quite irregularly distributed, or may present a central, peripheral, or zonal arrangement. The inclusions may consist of *gas*, *liquid*, *glass*, or crystals of other minerals. If they are mineral inclusions, they consist generally of acicular or of platy crystals. Inclusions of gas, liquid, and natural glass are often somewhat spherical in form.

**Colour.** Many minerals show, under the microscope, a particular colour; that in ordinary light is described as "*surface-colour*." Minerals under the microscope may be colourless, brown, red, yellow, orange, green, blue or violet, and all colours intermediate between these.

## MINERALIEN UNTER DEM MIKROSKOP.

Durchsichtige Mineralien werden unter dem Mikroskop entweder im *Körnerpräparat* oder im *Dünnschliff* untersucht. Dünnschliffe sind dünne Plättchen von Mineralien und Gesteinen, die gewöhnlich eine Dicke von ca. 30 *Micron* ( $30\mu$ ) haben, mittels *Kanadabalsam* oder *Kollolith* auf einem *Objektträger* montiert und mit einem *Deckglas* eingedeckt sind. Opake Mineralien werden im *polierten Anschliff* untersucht.

Die Untersuchungen unter dem Mikroskop können in 5 Gruppen eingeteilt werden: 1. Untersuchungen im gewöhnlichen, nicht polarisierten Licht, 2. Untersuchungen im parallelen polarisierten Licht mit einem Nicol, 3. Untersuchungen im parallelen polarisierten Licht zwischen gekreuzten Nicols, 4. Untersuchungen im konvergenten Licht zwischen gekreuzten Nicols, 5. Untersuchungen unter dem Erzmikroskop.

## I. UNTERSUCHUNGEN IM GEWÖHNLICHEN LICHT.

**Form.** Die zu untersuchenden Mineralien können *unregelmässige Körner* bilden oder können *Kristallform* zeigen. Der *Habitus* der Kristalle kann *isometrisch*, *tafelig*, *kurzsäulig*, *prismatisch*, *stengelig*, *nadelig*, *faserig* usw. sein. Zeigen die *Kristalldurchschnitte* scharfe Umgrenzung, so können die Winkel mit Hilfe des am drehbaren Objektisch angebrachten Teilkreises gemessen werden. Die *Länge* und *Breite* der Kristalldurchschnitte kann mittels des *Okularmikrometers* bestimmt werden.

**Spaltbarkeit.** *Vollkommene Spaltbarkeit* eines Minerals zeigt sich unter dem Mikroskop als eine Anzahl feiner, gerader Risse. Die Lage dieser *Spaltrisse* zueinander wechselt natürlich mit der Schnittlage des Minerals. Ein Schnitt nach der Basis von Aügit, der gute *prismatische Spaltbarkeit* hat, zeigt zwei Scharen von Rissen, die sich nahezu unter rechten Winkeln schneiden. Ein entsprechender Schnitt von Hornblende zeigt dagegen einen *Spaltwinkel* von ungefähr  $124^\circ$ .

**Einschlüsse.** Mineralien enthalten häufig *Einschlüsse*, die entweder ganz unregelmässig verteilt sein können oder in der Mitte oder am Rande oder zonar im Wirt verteilt sein können. Die Einschlüsse können *Gase*, *Flüssigkeiten*, *Glas* oder Kristalle anderer Mineralien sein. Handelt es sich um Mineraleinschlüsse, so bestehen sie meist aus nadeligen oder tafeligen Kristallen. Einschlüsse von Gas, Flüssigkeit oder natürlichem Glas haben oft rundliche Gestalt.

**Farbe.** Viele Mineralien zeigen u.d.M. eine Eigenfarbe, die bei Verwendung gewöhnlichen Lichtes als *Flächenfarbe* bezeichnet wird. Mineralien können u.d.M. farblos, braun, rot, gelb, orange, grün, blau oder violett mit allen Zwischenstufen sein.

**Refraction.** The *mounting (embedding)* material for thin sections, Canada balsam or Kollolith, has a refractive index of about 1.54. When mounted in this medium, light passes through the boundaries (margins) of colourless minerals like quartz, which has a refractive index of 1.55, without suffering *deviation*. Such minerals, therefore, are hardly visible in *ordinary transmitted light*. Apatite is generally colourless in thin section, but it has a refractive index of 1.63, which is considerably higher than that of the mounting medium. *Refraction* takes place, therefore, at the boundary of the two media, and the margins of the mineral grains are clearly visible. For this reason the *relative refraction of a mineral*, compared to that of another or to the mounting medium, can be determined. If the *cone of light* is narrowed, a *light-line* ("Becke" line) is seen; it moves toward the mineral of higher refractive index when the tube is raised.

The *absolute refraction of a mineral grain* can be determined by *immersing* the grain in liquids, or in melts, of known refractive index, after the method of Schröder van der Kolk.

## II. EXAMINATION IN PARALLEL LIGHT WITH ONE NICOL.

For these investigations only the polarizer is used; the analyser remains swung out.

**Pleochroism.** Many coloured minerals, like coloured tourmaline, are capable of *absorbing light* to a greater degree in some directions than in others; they therefore show different colours in various directions. Tourmaline absorbs the ordinary rays more than the extraordinary rays; its *absorption formula* is, therefore,  $\omega > \epsilon$  (in U.S.A. this is written  $O > E$ ).

Isotropic minerals do not show *pleochroism*. Uniaxial minerals have two *extreme colours (axial colours)*; they are *dichroic*. Biaxial minerals may have three axial colours; they may be *trichroic*.

## III. EXAMINATION IN PARALLEL LIGHT WITH CROSSED NICOLS.

For these investigations the analyser and polarizer are used; their vibration directions are crossed.

**Isotropic and anisotropic minerals.** All sections of a single-refracting, isotropic mineral remain dark between *crossed nicols* during the complete rotation of the stage.

**Lichtbrechung.** Das *Einbettungsmedium* der Dünnschliffe, Kanadabalsam oder Kollolith, hat einen Brechungsindex um 1,54. Grenzen farblose Mineralien, wie Quarz, mit einem Brechungsexponenten von 1,55 an dieses Einbettungsmedium, so geht das Licht ohne merkbare *Ablenkung* durch beide Medien hindurch. Solche Mineralien sind daher im gewöhnlichen *durchfallenden Licht* nur schwer sichtbar. Apatit ist in Dünnschliffen meist ebenfalls farblos, hat aber einen Brechungsexponenten von 1,63, der also beträchtlich höher ist, als der des Einbettungsmediums. *Brechungserscheinungen* finden daher an der Grenze zwischen diesen beiden Medien statt und die Korngrenzen des Minerals sind deutlich sichtbar. Auf Grund dieser Tatsachen lässt sich die *relative Lichtbrechung eines Minerals* gegen ein anderes oder gegen das Einbettungsmedium bestimmen. Engt man den *Beleuchtungskegel* ein, so entsteht eine *Lichtlinie* (*Becke'sche Linie*), die beim Heben des Tubus in das Medium mit dem höheren Brechungsindex wandert.

Die *absolute Lichtbrechung eines Mineralkorns* kann durch *Einbettung* in Flüssigkeiten oder Schmelzen von bekanntem Brechungsindex nach der Methode von Schröder van der Kolk bestimmt werden.

## II. UNTERSUCHUNGEN IM PARALLELEN LICHT MIT EINEM NICOL.

Für diese Untersuchungen wird nur der Polarisator verwendet. Der Analysator bleibt ausgeschaltet.

**Pleochroismus.** Manche gefärbten Mineralien, z.B. gefärbte Turmaline, besitzen die Fähigkeit, das *Licht* in verschiedenen Richtungen verschieden stark zu *absorbieren* und somit in verschiedenen Richtungen verschiedene Farben zu zeigen. Bei Turmalin wird z.B. der ordentliche Strahl stärker absorbiert, als der außerordentliche. Die *Absorptionsformel* von Turmalin lautet daher  $\omega > \epsilon$ .

Isotrope Mineralien zeigen keinen *Pleochroismus*. Einachsige Mineralien haben zwei *Extremfarben* (*Achsenfarben*). Sie sind *dichroitisch*. Zweiachsige Mineralien können drei Achsenfarben haben. Sie können *trichroitisch* sein.

## III. UNTERSUCHUNGEN IM PARALLELEN LICHT BEI GEKREUZTEN NICOLS.

Für diese Untersuchungen werden Analysator und Polarisator benutzt. Ihre Schwingungsrichtungen sind gekreuzt.

**Isotrope und anisotrope Mineralien.** Sämtliche Durchschnitte eines einfach brechenden, isotropen Minerals bleiben zwischen *gekreuzten Nicols*, auch bei voller Umdrehung des Objekttisches, dunkel.

Sections of doubly-refracting minerals generally show four light-positions and four dark-positions during a complete rotation of the *microscope stage*. The *dark-positions* are named *extinction positions*; the *light-positions*, *positions of maximum illumination*.

**Extinction positions (directions).** Extinction positions are related to crystallographic directions like edges, cleavages, etc. The angle between the extinction position and a crystallographic direction is called the *extinction angle*. *Straight*, *oblique*, and *symmetrical extinction* are distinguished from one another.

In many cases, particularly in minerals under strain, the position of extinction is not sharp; it moves over the whole section. This is referred to as *undulatory extinction*.

**Interference (Polarization) Colours.** Due to double refraction, the two rays *interfere* with each other when they are brought by the analyser into the same *plane of polarization*. They therefore show *interference (polarization) colours*; the kind of colour depends on the direction of the section, the strength of the birefringence, and the thickness of the section (see page 83).

By means of *compensators*, the *relative retardation* can be determined from the *highest polarization colour*; if the thickness of the section is known, the *birefringence* can then be calculated.

The compensators ("accessory plates") used are: 1. The *gypsum plate*, giving *red of the 1st Order*; it is a plate of gypsum of such thickness that it gives the exact red of the 1st Order. Instead of this, the *sensitive tint* is frequently used; that is, a gypsum plate showing the violet interference colour at the beginning of the 2nd Order of the *Colour Scale*. It is extraordinarily sensitive to a slight change in relative retardation. 2. The *quartz wedge*, a wedge-shaped preparation of quartz cut parallel to the vertical axis of the crystal.

**Optical Character of the Principal Section.** If the *principal section* of a mineral is present, that is, a direction in the crystal section which is longer than the one at right angles to it, the *character of the principal section* can be determined. If the direction of *lesser elasticity* (Z in English-speaking countries) lies in the principal section, the mineral has a positive sign; if the *faster vibrations* (X in English-speaking countries) are in this direction, the mineral is negative.

#### IV. EXAMINATION IN CONVERGENT POLARIZED LIGHT BETWEEN CROSSED NICOLS.

The *conoscopic methods* differ from those of the previously described *orthoscopic methods*. To obtain *convergent light*, a

Die Durchschnitte doppelbrechender Mineralien werden im allgemeinen bei einer vollen Umdrehung des *Objekttisches* viermal hell und dunkel. Nur Schnitte senkrecht zu einer Achse bleiben ebenfalls dunkel. Die *Dunkelstellungen* bezeichnet man als *Auslöschungslagen*, die *Hellstellungen* als *Aufhellungslagen*.

**Auslöschungsrichtungen.** Die Auslöschungslagen stehen zu den kristallographischen Richtungen, wie Kanten, Spaltrissen usw. in ganz bestimmten Beziehungen. Der Winkel zwischen einer Auslöschungslage und einer kristallographischen Richtung wird als *Auslöschungsschiefe* bezeichnet. Man unterscheidet zwischen *gerader*, *symmetrischer* und *schiefer Auslöschung*.

In manchen Fällen, besonders bei gepressten Mineralien, tritt die Auslöschung nicht scharf ein, sondern wandert über den ganzen Schnitt. Man spricht von *undulöser Auslöschung*.

**Interferenzfärben.** Die beiden durch Doppelbrechung entstandenen Strahlen *interferieren* miteinander, wenn sie vom Analysator auf dieselbe *Polarisationsebene* gebracht werden. Sie zeigen daher eine *Interferenzfarbe*, deren Höhe von der Lage des Schnittes, der Stärke der Doppelbrechung und der Dicke der Platte abhängig ist (vergl. Seite 84).

Aus der *Höhe der Interferenzfarbe* lässt sich mittels eines *Kompensators* der *Gangunterschied* bestimmen und ebenso bei bekannter Dicke des Präparates der *Betrag der Doppelbrechung* berechnen.

Die gebräuchlichsten Kompensatoren sind: 1. Das *Gipsblatt Rot I. Ordnung*, eine Gipsplatte solcher Dicke, dass sie gerade das Rot der I. Ordnung zeigt. An Stelle dieses Gipsblattes wird auch häufig die *teinte sensible* benutzt, ebenfalls eine Gipsplatte, die aber die violette Interferenzfarbe im Beginn der II. Ordnung der *Farbenskala* zeigt. • Sie ist auf geringste Änderungen im Gangunterschied ausserordentlich empfindlich. 2. Der *Quarskeil*, ein keilförmiges Präparat von Quarz parallel zur vertikalen Achse des Kristalls.

**Charakter der Hauptzone.** • Ist bei einem Mineral eine *Hauptzone* entwickelt, d.h. eine Richtung, nach der der Kristallschnitt länger ist, als in der Richtung senkrecht dazu, so kann man den *Charakter der Hauptzone* bestimmen. Liegt die Richtung der *geringeren Elastizität*  $\epsilon$  in der Hauptzone, so ist ihr Charakter positiv, liegt die *grössere Lichtgeschwindigkeit*  $\alpha$  in dieser Richtung, so ist der Charakter der Hauptzone negativ.

#### IV. UNTERSUCHUNGEN IM KONVERGENT POLARISIERTEN LICHT BEI GEKREUZTEN NICOLS.

Im Gegensatz zu den bisher besprochenen *orthoskopischen Beobachtungsmethoden* stehen die *konoskopischen Beobachtungsmethoden*. Zur Herstellung *konvergenten Lichtes* wird eine

*convergent lens*, inserted above the condenser, is used. The observation can be made without the ocular (*Lasaulx's method*), or with the ocular and the *Bertrand lens*.

**Interference figures.** In the conoscopic method are seen, at the same time and superposed, the *interference phenomena* produced in all the directions through which light passes in the preparation. The resulting figures are called *interference figures*.

Isotropic bodies do not show an interference figure in convergent light.

Uniaxial crystals, sectioned at right angles to the optic axis, show in white light a system of coloured rings, *isochromatic curves* ("colour curves"); these are cut by a dark cross (*isogyres*).

Biaxial crystals, in sections normal to the acute bisectrix, that is, in parallel position to the axial plane of the vibration direction of one of the two nicol prisms, show a sharply defined, small, *black band* parallel to the axial plane; at right angles to this band is a broad, indistinct, black band. Symmetrical to these are the *isochromatic curves*, forming closed *ovals* around the points of *emergence of the axes*; then come a pair which form a figure eight; and further away are the other *lemniscates*. If the section is rotated through  $45^\circ$  to the *diagonal position*, the *curves with equal relative retardation* retain their form; the dark cross opens out until the two bands unite to form *hyperbolic curves*, the *vertices* of which are the points of emergence of the axes.

The distance between the vertices of the hyperbola is a measure of the *apparent angle* between the optic axes; from this the *true optic axial angle* can be calculated.

#### V. EXAMINATION OF OPAQUE MINERALS IN INCIDENT LIGHT.

*Opaque minerals* are examined as *polished sections* under the *ore-microscope* ("metallographic microscope"). The sections are mounted on the object-carrier by means of *plasticine*, or *wax*. The principal part of the ore-microscope is the *vertical illuminator*; this contains a *prism* which sends the light in a direction normal to the polished surface. It is generally attached to the lower end of the microscope tube, immediately above the objective.

**Konvergenzlinse**, die oberhalb des Kondensors eingeschoben wird, benutzt. Die Beobachtung wird entweder ohne Okular (*Lasaulx'sche Methode*) oder mit Okular und *Bertrand'scher Linse* durchgeführt.

**Achsenbilder**. Mit der konoskopischen Methode beobachtet man gleichzeitig und nebeneinander die *Interferenzerscheinungen* in allen Richtungen, in denen das Präparat von Licht durchsetzt wird. Die entstehenden Bilder heissen *Interferenzbilder* oder *Achsenbilder*.

Isotrope Körper zeigen im konvergenten Licht kein Achsenbild.

Einachsige Kristalle, die senkrecht zur optischen Achse geschnitten sind, zeigen im weissen Licht ein System farbiger Ringe, *isochromatischer Kurven*, die von einem dunklen Kreuz durchschnitten werden.

Zweiachsige Kristalle zeigen in Schnitten senkrecht zur ersten Mittellinie in *Normalstellung*, d.h. bei paralleler Lage der Achsenebene mit der Schwingungsrichtung eines der beiden Nicols, einen scharf begrenzten, schmäleren, *schwarzen Balken* parallel der Achsenebene und senkrecht dazu einen breiten, verwaschenen schwarzen Balken. Symmetrisch hierzu liegen die isochromatischen Kurven, die um die *Achsenaustrittspunkte* geschlossene *Ovale* bilden, auf die eine *Achterfigur* dann *lemniskatenähnliche Kurven* folgen. Dreht man das Präparat um  $45^\circ$  in die *Diagonalstellung*, so bleiben die *Kurven gleichen Gangunterschieds* in ihrer Form bestehen, das dunkle Kreuz öffnet sich, und je zwei aneinanderliegende Balken vereinigen sich und bilden eine *Hyperbel*, deren Scheitelpunkte die Achsenaustrittspunkte sind.

Die Entfernung dieser Scheitelpunkte der Hyperbeln gibt ein Maß für den *scheinbaren Winkel der optischen Achsen*, aus dem sich der *wahre Winkel der optischen Achsen* berechnen lässt.

## V. UNTERSUCHUNGEN OPAKER MINERALIEN IM AUFFALLENDEN LICHT. •

*Opake Mineralien* werden im *polierten Anschliff* unter dem *Erzmikroskop* untersucht. Die Schliffe werden mit *Plastolin* oder *Wachs* auf einen Objektträger montiert. Der wichtigste Teil des Erzmikroskops ist der *Opakilluminator*, der ein *Prisma* enthält, das das Licht senkrecht auf die polierte Fläche des Minerals auffallen lässt. Er wird gewöhnlich am unteren Ende des Mikroskoptubus, unmittelbar über dem Objektiv angebracht.



The principal characters of opaque minerals, as seen under the ore-microscope, are: *hardness (resistance to polish), amenability to receive polish, relief, cleavage, colour, inner reflection colours, reflection-pleochroism, reflection power, anisotropic effects, between crossed nicols, behaviour to etching, and others.*

#### THERMAL PROPERTIES OF MINERALS.

**Thermal Expansion.** *Expansion due to heat* is the most common kind of *homogeneous deformation* suffered by minerals. The *linear coefficient of expansion* of minerals is in most cases, however, very small. Expansion of crystals by heat depends on direction; it is in complete accord with the crystal symmetry.

**Heat Conductivity.** The *conductivity to heat* of minerals varies greatly. Some minerals, like native copper and pyrite, are *good heat conductors*; others, like gypsum and barytes, are *poor conductors*.

#### ELECTRICAL PROPERTIES OF MINERALS.

**Dielectric Effects.** *Insulators*, that is, substances which do not conduct electricity (*non-conductors*) may, under the influence of neighbouring electric bodies, become *electrically polarized by induction*. They are called *dielectrics*; their electromotive force is called *dielectric polarization*, or *dielectric induction*. The strength of the electromotive force is determined by the *dielectric constant*.

**Electrical Conductivity.** Crystals that are electrical conductors come under the five optical crystal classes already described.

**Thermo-electricity.** If two dissimilar *electrical conductors* are heated at their *contact*, and are joined together by a copper wire, an electric current is produced. By inserting a *galvanometer*, the *thermo-electric current* can be measured. Its strength depends on the kinds of bodies which are in contact; it is greater, the further apart the bodies are in the *thermo-electric series*.

**Pyro-electricity.** By heating, or cooling, non-conductors having *polar axes*, different *electric charges* are often produced at opposite ends. Minerals that do this are said to be *pyro-electric*. The best known example is tourmaline; when heated, it receives a *positive charge* at one end, and a *negative* at the other. Similar phenomena can be produced by pressure; in this case it is called *piezo-electricity*.

Die wichtigsten Kennzeichen opaker Mineralien unter dem Erzmikroskop sind: *Härte (Schleifhärte), Polierfähigkeit, Relief, Spaltbarkeit, Farbe, innere Reflexionsfarben, Reflexionspleochroismus, Reflexionsvermögen, Anisotropieeffekte zwischen gekreuzten Nicols, Ätzverhalten* und andere.

#### THERMISCHE EIGENSCHAFTEN DER MINERALIEN.

**Thermische Ausdehnung.** Die *thermische Ausdehnung* ist die gewöhnlichste Art der *homogenen Deformation* der Mineralien. Der *lineare Ausdehnungskoeffizient* der Mineralien ist jedoch meist sehr gering. Die *Wärmeausdehnung* der Kristalle ist von der Richtung abhängig und erfolgt in voller Übereinstimmung mit der Kristallsymmetrie.

**Wärmeleitung.** Die *Wärmeleitfähigkeit* der Mineralien kann sehr verschieden sein. Manche Mineralien, wie gediegen Kupfer und Pyrit sind *gute Wärmeleiter*, andere, wie Gips und Schwerspat sind *schlechte Wärmeleiter*.

#### ELEKTRISCHE EIGENSCHAFTEN DER MINERALIEN.

**Dielektrische Influenz.** *Isolatoren*, d.h. Substanzen, die den elektrischen Strom nicht leiten (*Nichtleiter*), können unter dem Einfluss benachbarter elektrischer Körper durch *Influenz* oder *Induktion elektrische Polarität* annehmen. Sie heissen *Dielektrika* und ihre Erregung heisst *dielektrische Polarisierung* oder *dielektrische Influenz* oder *Induktion*. Die Stärke der Erregung wird durch die *Dielektrizitätskonstante* bestimmt.

**Elektrizitätsleitung.** Leiten Kristalle den elektrischen Strom, so zerfallen sie in 5 den optischen Kristallklassen entsprechende Klassen.

**Thermoelektrizität.** In *elektrischen Leitern* wird dadurch ein Strom erzeugt, dass man die Berührungsstelle (ev. *Lötstelle*) zweier verschiedener Mineralien, nachdem man sie durch einen Kupferdraht leitend verbunden hat,\* erwärmt. Mittels eines zwischengeschalteten *Galvanometers* kann man die Stromstärke dieser *Thermoelektrizität* messen. Die thermoelektrische Kraft hängt von der Kombination der Körper ab. Sie ist um so grösser, je weiter die Körper in der *Spannungsreihe* auseinander stehen.

**Pyroelektrizität.** Durch Erwärmung oder Abkühlung von Nichtleitern mit *polaren Achsen*, tritt oft eine verschiedene *elektrische Erregung* auf. Man nennt solche Mineralien *pyroelektrisch*. Das bekannteste Beispiel ist Turmalin, der beim Erwärmen an einem Ende *positive*, am anderen *negative Ladung* erhält. Ähnliche Erscheinungen können durch *Drukeinflüsse* hervorgerufen werden. Man spricht in diesem Falle von *Piezoelektrizität*.

## MAGNETIC PROPERTIES OF MINERALS.

**Magnetic effects.** *Permanent magnetism* is displayed by very few minerals. Many minerals, particularly those which are ferriferous, are subject to *induced magnetism*. Such minerals fall into two groups: *paramagnetic minerals*, which are attracted, and *diamagnetic minerals*, which are repelled, by the magnet. The relative strength of the *magnetic induction*, in the case of crystals, depends on direction.

For practical purposes, minerals are divided simply into *strongly magnetic minerals*, which are attracted by the ordinary *horse-shoe magnet*; *medium and weakly magnetic minerals*, which are attracted only by an *electro-magnet*, and *non-magnetic minerals*, which are not attracted by strong *electro-magnets*.

## MAGNETISCHE EIGENSCHAFTEN DER MINERALIEN. •

**Magnetische Influenz.** *Aktive magnetische Anziehung (permanenter Magnetismus)* zeigen nur sehr wenige Mineralien. Bei vielen Mineralien, besonders *eisenhaltigen*, lässt sich dagegen *induzierter Magnetismus* nachweisen. Die Mineralien zerfallen hierbei in zwei Gruppen, *paramagnetische Mineralien*, die vom *Magneten* angezogen werden und *diamagnetische Mineralien*, die vom *Magneten* abgestossen werden. Die relative Grösse der *magnetischen Induktion* hängt bei den Kristallen von der Richtung ab.

Für die *praktische Mineraldiagnose* unterscheidet man einfach zwischen *stark magnetischen Mineralien*, die von einem gewöhnlichen *Hufeisenmagneten* angezogen werden und zwischen mittel und *schwach magnetischen Mineralien*, die nur durch einen *Elektromagneten* angezogen werden, sowie unmagnetischen Mineralien, die auch von starken Elektromagneten nicht angezogen werden.

## CHAPTER IX.

### CHEMICAL MINERALOGY.

Before we discuss the specific chemical properties of minerals, it is necessary first to deal with some of the common chemical terms employed in Mineralogy.

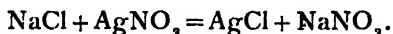
**Atoms, Molecules.** Every *chemical element* has a *symbol* by which its *atom* is represented. C, F, Zn are the atomic symbols for carbon, fluorine, and zinc (see appendix for the chemical elements).

A *molecule* is represented by a formula.  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaF}_2$ , and  $\text{ZnS}$  are the formulæ for the molecules of calcite, fluorite, and sphalerite (zinc blende).

**Valency (Valence in U.S.A.).** The *valency* (valence) of an element is given by the number of *hydrogen atoms* with which an atom of the element can combine. Hydrogen is *univalent*; oxygen is generally *divalent*; aluminium, in most cases, is *trivalent*, etc. An element may show different *valencies*, e.g., iron may be di- and trivalent; arsenic tri- and *pentavalent*; and sulphur di-, tetra-, and *hexavalent*.

### CHEMICAL REACTIONS, CHEMICAL EQUATIONS.

A solution of sodium chloride reacts with a solution of silver nitrate to form the *new compounds*, silver chloride and sodium nitrate. This *chemical reaction* can be expressed as a *chemical equation*:



**Acids.** *Acids* are substances which, when *dissolved in water*, give a positive hydrogen ion (*kation*) and a negative ionic radical (*anion*). Some important acids are the following: *hydrochloric acid*,  $\text{HCl}$ ; *nitric acid*,  $\text{HNO}_3$ ; *sulphuric acid*,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; *carbonic acid*,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ; *phosphoric acid*,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . *Orthosilicic acid*,  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  and *metasilicic acid*,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  are particularly important in the formation of minerals.

**Bases.** *Bases* are substances which, when dissolved in water, give a negatively charged *hydroxyl ion*, and a positively charged ion radical. *Potassium hydroxide*,  $\text{K(OH)}$ , and *sodium*

## KAPITEL IX.

### MINERALCHEMIE.

Bevor wir uns den eigentlichen chemischen Eigenschaften der Mineralien zuwenden, ist es notwendig zunächst einige Begriffe der allgemeinen Chemie, die auch in der Mineralogie Anwendung finden, einzuführen.

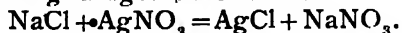
**Atome, Moleküle.** Jedes chemische Element hat ein *Symbol*, durch das sein Atom gekennzeichnet wird. C, F, Zn sind die Atomsymbole für Kohlenstoff, Fluor und Zink. (vergl. Anhang: Übersicht über die chemischen Elemente).

Ein Molekül wird durch eine *Formel* dargestellt.  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaF}_2$  und  $\text{ZnS}$  sind die Formeln für die Moleküle von Kalkspat, Flussspat und Zinkblende.

**Wertigkeit.** Als *Wertigkeit (Valenz)* eines Elementes bezeichnet man die Anzahl von Wasserstoffatomen, mit denen sich ein Atom eines Elementes verbinden kann. Wasserstoff ist einwertig, Sauerstoff ist vorwiegend zweiwertig, Aluminium ist vorwiegend dreiwertig usw. Ein Element kann auch in verschiedenen Wertigkeitsstufen auftreten. So kann z. B. Eisen zwei- und dreiwertig, Arsen drei- und fünfwertig und Schwefel zwei-, vier- und sechswertig sein.

### CHEMISCHE REAKTIONEN, CHEMISCHE GLEICHUNGEN.

Eine Lösung von Natriumchlorid reagiert mit einer Lösung von Silbernitrat unter Bildung der neuen Verbindungen Silberchlorid und Natriumnitrat. Diese chemische Reaktion kann als chemische Gleichung ausgedrückt werden:



**Säuren.** Säuren sind Stoffe, die in wässriger Lösung in ein positives Wasserstoffion (*Kation*) und ein negatives Restion (*Anion*) zerfallen. Einige wichtige Säuren sind: Salzsäure,  $\text{HCl}$ ; Salpetersäure,  $\text{HNO}_3$ ; Schwefelsäure,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; Kohlensäure,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ; Orthophosphorsäure,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Für die Mineralbildung wichtig sind besonders Orthokieselsäure,  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ , und Metakieselsäure,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ .

**Basen.** Basen sind Stoffe, die in wässriger Lösung in ein negativ geladenes Hydroxylion und ein positiv geladenes Restion zerfallen. Wichtige Basen sind Kalilauge  $\text{K(OH)}$  und Natron-

*hydroxide*,  $\text{Na}(\text{OH})$ , are important bases. With red *litmus paper*, or with *tumeric paper*, bases give an *alkaline reaction*.

**Salts.** *Salts* are formed by the reaction of bases with acids. In normal salts the acid is *neutralized (neutral salts)*. Some salts which occur as minerals are: *Chorides, nitrates, sulphates, carbonates, phosphates, silicates*, and others.

**Oxides, Oxidation, Reduction.** Cassiterite,  $\text{SnO}_2$ , is an *oxide* of tin; corundum,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , is an oxide of aluminium; and quartz,  $\text{SiO}_2$ , is an oxide of silicon.

When a metal, like iron, is heated in the presence of oxygen, it forms an *oxide of iron*; *oxidation* has taken place.

When, on the other hand, an oxide of iron is heated in a stream of hydrogen, it is reduced to the *metal*, iron. Oxidation and *reduction* are common in nature.

**Water of Crystallization.** The mineral, gypsum,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , has two molecules of *water of crystallization* which, by the application of high temperature, can be driven off.

**Solubility of Minerals.** Only a few minerals are *soluble* in water; most minerals are *insoluble* in it.

Many minerals, however, are *soluble in acids*; calcite, for example, is soluble in acid with *effervescence*, and carbon dioxide is thus evolved. Limonite is soluble in acid without effervescence. Sphalerite, when treated with hydrochloric acid, gives off *sulphuretted hydrogen*; *manganite*, so treated, gives off chlorine. Some minerals which are insoluble in ordinary acids are soluble in *aqua regia*.

**Chemical Analysis of Minerals.** The elements present in a mineral can be determined by *qualitative analysis*. The relative amounts of each element present are determined by *quantitative analysis*.

Qualitative analysis can be carried out with the ordinary reagents in "*the wet way*," or by means of the *blowpipe*.

### BLOWPIPE ANALYSIS.

**Oxidizing- and Reducing Flames.** An *oxidizing flame* can be produced when the nozzle of the blowpipe is held well within the flame. A *reducing flame* is given when the nozzle is held a short distance outside the flame. The reducing flame is *luminous*; the oxidizing flame is *non-luminous*.

**Flame Colouration** Some minerals, like those which contain sodium, strontium, or copper, impart distinctive colours to

**lauge**  $\text{Na}(\text{OH})$ . Basen geben mit rotem *Lakmuspapier* oder mit *Kurkumapapier* *alkalische Reaktion*.

**Salze.** *Salze* bilden sich durch Reaktion von Basen mit Säuren. Im normalen Salz wird die Säure *neutralisiert* (*neutrale Salze*). Die als natürlichen Mineralien vorkommenden Salze sind *Chloride*, *Nitrate*, *Sulfate*, *Karbonate*, *Phosphate*, *Silikate* und andere.

**Oxyde, Oxydation, Reduktion.** Zinnstein,  $\text{SnO}_2$ , ist ein *Oxyd* von Zinn, Korund,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ist ein *Oxyd* von Aluminium und Quarz,  $\text{SiO}_2$ , ist ein *Oxyd* von Silicium.

Wird ein Metall z.B. Eisen bei Sauerstoffgegenwart erhitzt, so bildet sich *Eisenoxyd*. *Oxydation* hat stattgefunden.

Wird dagegen Eisenoxyd im Wasserstoffstrom erhitzt, so wird es zum *Metall*, Eisen, reduziert. *Oxydation* und *Reduktion* finden auch in der Natur häufig statt.

**Kristallwasser.** Das Mineral Gips,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , enthält zwei Moleküle *Kristallwasser*, welches unter Anwendung erhöhter Temperaturen ausgetrieben werden kann.

**Löslichkeit von Mineralien.** Nur wenige Mineralien sind in Wasser *löslich*, die Mehrzahl ist *wasserunlöslich*.

Viele Mineralien sind jedoch *säurelöslich*. So ist Kalkspat in Säuren unter *Aufbrausen* löslich, wobei Kohlendioxyd abgegeben wird. Brauneisen ist in Säuren ohne Aufbrausen löslich. Wird Zinkblende mit Salzsäure behandelt, so entweicht *Schwefelwasserstoff*, wird *Braunstein* mit Salzsäure behandelt, so entweicht Chlor. Manche Mineralien, die in einfachen Säuren *unlöslich* sind, sind in *Königswasser* löslich.

**Chemische Analyse von Mineralien.** Die in einem Mineral vorhandenen Elemente können durch eine *qualitative Analyse* bestimmt werden. Die relativen Mengen jedes in einem Mineral vorhandenen Elementes werden durch die *quantitative Analyse* bestimmt.

Qualitative Analysen können mittels der gewöhnlichen *Reagentien* auf dem "nassen Wege" oder mit dem *Lötrohre* ausgeführt werden.

### LÖTROHRANALYSE.

**Oxydations- und Reduktionsflamme.** Eine *Oxydationsflamme* wird dadurch hergestellt, dass die Spitze des Lötrohres gut in die *Flamme* gehalten wird. Eine *Reduktionsflamme* entsteht, wenn die Spitze des Lötrohres in kurzer Entfernung vor der *Flamme* gehalten wird. Die *Reduktionsflamme* ist *leuchtend*, die *Oxydationsflamme* *nichtleuchtend*.

**Flammenfärbungen.** Manche Mineralien, z.B. solche, die Natrium, Strontium oder Kupfer enthalten, geben der *Flamme*



the flame. The best way of producing *flame colouration* is to bring into the flame, by means of a *platinum wire*, a small amount of the *solution* of the mineral to be tested.

**Testing in small tubes. Sublimates.** Investigation of *water-content*, etc., is carried out in *blowpipe analysis*, by means of *small glass tubes*. Some of the tubes are of hard glass which does not fuse easily; others are of soft, easily-fusible glass. The "*open tubes*" are open at both ends; the "*closed tubes*" are open at one end only.

Cinnabar, when heated in a closed tube, yields a black lustrous *sublimate* (*mercury mirror*) which becomes red, on rubbing.

**Reactions on charcoal. Encrustation.** Some minerals, when heated alone on *charcoal* in the oxidizing flame, give characteristic *sublimates*, or *encrustations*. Antimony, for example, gives a white sublimate near the mineral; arsenic gives a white encrustation at somewhat greater distance from the mineral. Zinc gives an encrustation which is yellow *when hot*, and white *when cold*.

If the *residue* left on charcoal, *after heating* certain aluminium minerals, is reheated strongly with *cobalt nitrate*, it forms a blue and unfused mass.

Certain minerals, when mixed with sodium carbonate, and heated on charcoal, are *reduced* to the metallic state. Argentite and cassiterite, treated in this way, are reduced respectively to a *silver bead* and to *beadlets* of tin.

The presence of sulphur in a mineral can be determined by fusing the mineral with sodium carbonate on charcoal and moistening the fused mass on silver (*Hepar's reaction*).

**Beads.** Borax,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , and *microcosmic salt* (*salt of phosphorus*),  $\text{Na}_2\text{NH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , give distinctive coloured beads with minerals containing cobalt, copper, chromium, etc. The *beads* are generally made in a small *loop of the platinum wire*, or at the end of a *splinter of magnesia*. Borax and microcosmic salt fuse easily; they are good *fluxes*.

## POLYMORPHISM.

*Polymorphism* is the property possessed by many homogeneous substances, although having the same chemical composition, of occurring in different crystal classes. It is characteristic of *polymorphic modifications* that the change from one form to another can take place in the solid state by simple pressure and temperature changes, without the aid of a *new solvent*, without *fusion*, and without *volatilization*. In these transformations, the

bestimmte Färbungen. Zur Herstellung einer *Flammenfärbung* bringt man am besten eine kleine Probe der *Lösung* des zu untersuchenden Minerals mit Hilfe eines *Platindrahtes* in die Flamme.

**Proben im Röhrchen. Sublimate.** Untersuchungen auf *Wassergehalt* u.a. werden bei der *Lötrohranalyse* in kleinen *Gläseröhrchen* ausgeführt. Die Röhrchen sind teils aus härtem, schwer schmelzbarem Glas, teils aus weichem, leichtschmelzbarem Glas hergestellt. Die "*offenen Röhrchen*" sind an beiden Enden offen, die "*geschlossenen Röhrchen*" sind nur an einem Ende offen.

Wird Zinnober im geschlossenen Röhrchen erhitzt, entsteht eine schwarzglänzende *Sublimat* (*Quecksilberspiegel*) das beim Reiben rot wird.

**Reaktionen auf Kohle. Beschläge.** Manche Mineralien geben beim Erhitzen auf *Kohle* in der Oxydationsflamme charakteristische *Beschläge*. Antimon gibt z.B. einen weissen Beschlag in der Nähe des Minerals. Arsen gibt einen weissen Beschlag in etwas grösserer Entfernung vom Mineral. Zink gibt einen Beschlag, der in der Hitze gelb, in der Kälte weiss ist.

Wird der *Erhitzungsrückstand* gewisser Tonerdemineralien auf Kohle mit *Kobaltnitrat* (*Kobaltsolution*) wieder stark erhitzt, entsteht eine blaue, ungeschmolzene Masse.

Werden gewisse Mineralien mit Soda auf der Kohle erhitzt, werden sie zum Metall *reduziert*. Werden z.B. Silberglanz und Zinnstein auf diesem Wege behandelt, so werden sie zu einem *Silberkorn* (*Metallkorn*) bzw. zu *Flittern* von Zinn reduziert.

Die Gegenwart von Schwefel in einem Mineral kann durch Schmelzen des Minerals mit Soda auf Kohle und befeuchten der Schmelze auf Silber (*Heßparreaktion*) bestimmt werden.

**Perlen.** *Borax*,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , und *Phosphorsalz*,  $\text{Na}_2\text{NH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , geben mit Mineralien, die Kobalt, Kupfer, Chrom, enthalten, bestimmt gefärbte *Perlen*. Die Perle wird meist in einer kleinen *Öse des Platindrahtes* oder an der Spitze eines *Magnesiastäbchens* hergestellt. Borax und Phosphorsalz schmelzen leicht; sie sind gute *Flussmittel*.

## POLYMORPHIE.

*Polymorphie* wird die Eigenschaft vieler homogener Substanzen genannt, trotz gleicher chemischer Bauschalzusammensetzung in verschiedenen Kristallklassen vorzukommen. Charakteristisch für *polymorphe Modifikationen* ist ihre Fähigkeit, ohne Vermittlung neuen *Lösungsmittels*, ohne *Schmelzung* und ohne *Verdampfung* durch einfache Druck- und Temperaturänderung im festen Zustand sich ineinander umzuwandeln. Bei dieser Umwandlung

physical properties undergo modification with the change in crystal structure. *Enantiotropic*, or *reversible*, transformations are distinguished from *monotropic*, or *irreversible*, transformations.

*Polymorphic modifications* which are easily transformed from one form to another, at definite temperatures, are important as *geological thermometers*.

### ISOMORPHISM, MORPHOTROPISM, ISOTYPISM.

*Isomorphism* is the property of chemical compounds of different composition of occurring in crystal forms having like angles and the same symmetry. There is, however, definite analogy between the *chemical constitution* of *isomorphous substances*; it is characteristic of them that they can form *mixed crystals*.

Different *degrees of isomorphism* are distinguished according to the amount of *miscibility*. In isomorphism of the highest degree there is *complete miscibility*; in a medium degree of isomorphism there is uniform miscibility at high temperatures, and *immiscibility* at low temperatures; and when isomorphism is of low degree there is a large *gap in the range of miscibility*, and the formation of *double-salts* is common.

*Isomorphous series* of minerals are numerous. A well-known example of an *isomorphous series* is that of the carbonates (calcite-aragonite series).

By the *substitution of one chemical element* by another in an *isomorphous substance*, certain changes occur in the relation of the angles. This effect is known as *morphotropism*, or *morphotropic effect*.

When the crystal structures of different substances are nearly alike, and there is no similarity in their chemical composition, the substances are said to be *isotypic*; there is *isotypism*, as for example, in the case of rock salt and galena.

ändern sich mit der *Kristallstruktur* auch die physikalischen Eigenschaften. Man unterscheidet *enantiotrope* oder *umkehrbare Umwandelbarkeit* und *monotrope* oder nichtumkehrbare, *einseitige Umwandelbarkeit*.

*Polymorphe Modifikationen* die sich bei bestimmten Temperaturen leicht ineinander umwandeln, sind als *geologische Thermometer* wichtig.

### ISOMORPHIE, MORPHOTROPIE, ISOTYPIE.

*Isomorphie* wird die Eigenschaft chemisch verschieden zusammengesetzter Substanzen genannt, in winkelähnlichen und symmetriegleichen Kristallformen aufzutreten. Gewisse Analogien in der *chemischen Konstitution isomorpher Substanzen* sind jedoch stets vorhanden. Kennzeichnend für die Isomorphie ist ferner die Fähigkeit zur Bildung von *Mischkristallen*.

Je nach dem Ausmaß der *Mischbarkeit* unterscheidet man verschiedene *Grade der Isomorphie*. Der höchste Isomorphiegrad zeichnet sich durch *vollständige Mischbarkeit* der Glieder aus. Bei mässigem Isomorphiegrad tritt häufig lückenlose Mischbarkeit bei hohen Temperaturen auf, bei tiefen Temperaturen tritt jedoch *Entmischung* ein. Bei schwachem Isomorphiegrad finden sich grosse *Mischungslücken* und *Doppelsalzbildung* ist häufig.

*Isomorphe Reihen* sind bei den Mineralien häufig. Ein bekanntes Beispiel ist die *isodimorphe Reihe* der Karbonate (Kalkspat-Aragonitreihe).

Beim *Ersatz eines chemischen Elementes* durch ein anderes in einer *isomorphen Substanz* treten jedoch gewisse Veränderungen in den Winkelverhältnissen auf. Diese Beeinflussung wird *Morphotropie* oder *morphotropische Beeinflussung* genannt.

*Isotypie* liegt dann vor, wenn die Kristallstrukturen verschiedener Substanzen nahezu gleich sind, chemische Ähnlichkeit der betreffenden Stoffe aber nicht vorhanden sind, z.B. bei Steinsalz und Bleiglanz.

## CHAPTER X.

### THE EXTERNAL FORMS OF MINERALS.

**Appearance.** By the *appearance* of a crystal is meant the particular combination of faces it exhibits. It is frequently the case that crystals of the same mineral from different *localities* show differences, but for the same locality they are usually very alike.

**Crystal Habit.** Crystals may exhibit the following *habits*: They are of *normal habit* if a particular direction is not elongated during *growth*; *tubular*, if the growth is least along the vertical axis; *lamellar*, if the mineral occurs in fine lamellæ, as in the case of mica; "*short-columnar*," if it is somewhat elongated along the vertical axis, and "*long-columnar*" (this is the usual meaning of "*columnar*" in English-speaking countries) if it is much elongated; *bladed* (*lath-like*) if the columns are flattened like a knife-blade; *acicular* (*needle-like*) if it is greatly elongated in one direction; and *fibrous*, if the growth is confined almost to one direction. *Skeletal forms* may occur if the growth has been suppressed along definite directions.

**Structure<sup>1</sup> of Mineral Aggregates.** *Aggregates* of minerals of normal habits generally have a *granular texture*. According to the size of the grains, they may be *coarse-grained* (*saccharoidal*), *medium-grained*, *fine-grained*, *close-grained*, *microcrystalline*, or *cryptocrystalline aggregates*.

Lamellar minerals may form *shell-like*, *leaf-like*, or *scaly aggregates*; and a shell-like lamellar mineral may be *slightly curved*, *curved*, or *concentric*.

Columnar and fibrous minerals may form *columnar- and fibrous aggregates*. The *columnar*, *acicular*, or *fibrous* crystals may be in *parallel columnar*, *parallel acicular*, *parallel fibrous*, *radial columnar*, or in *reticulate fibrous arrangement*.

*Amorphous* and *cryptocrystalline mineral aggregates* frequently exhibit a more or less rounded surface. *Globular forms* are externally *spherical*, and internally *conchoidal* and *radially fibrous*. The aggregates may also be *reniform* (*kidney-shaped*), *botryoidal* ("*clustered*") or *nodular*.

<sup>1</sup> The German term "*Gefüge*" includes structure and texture.

## KAPITEL X.

### AUSBILDUNGSFORMEN DER MINERALIEN.

**Tracht.** Als *Tracht* eines Kristalls bezeichnet man die besondere Kombination von Flächen, die ein Kristall aufweist. Sie wechselt mit dem *Fundort* häufig, ist aber manchmal für denselben Fundort recht konstant.

**Habitus.** Kristalle können folgende *Habitusarten* zeigen: *isometrisch*, wenn keine Richtung beim Wachstum besonders bevorzugt war, *tafelig*, wenn die Vertikalachse geringste Wachstumsrichtung war, *blättrig*, wenn das Mineral in ganz feinen *Blättchen*, wie Glimmer vorkommt, *säulig*, wenn das Mineral nach der Vertikalachse etwas *gestreckt* ist, *stengelig*, wenn das Mineral noch etwas mehr nach der Vertikalachse gestreckt ist, *plattig*, wenn die Säulen wie eine Messerklinge abgeflacht sind, *nadelig*, wenn das Mineral nach einer Richtung stark gestreckt ist und *faserig*, wenn eine Richtung nahezu die einzige Wachstumsrichtung war. Eilt das Wachstum in bestimmten Richtungen voraus, so können *skelettförmige* oder *gestrickte Mineralformen* entstehen.

**Gefüge<sup>1</sup> der Mineralaggregate.** *Aggregate* isometrischer Mineralien haben meist *körniges Gefüge*. Je nach der *Korngröße* kann man zwischen *grobkörnigen*, *mittelkörnigen*, *feinkörnigen*, *dichten*, *mikrokristallinen* und *kryptokristallinen Aggregaten* unterscheiden.

Blättrige Mineralien können *schalige*, *blättrige* oder *schuppige Aggregate* bilden. Eine schalige Anordnung kann *gradschalig*, *krummschalig*, oder *konzentrisch-schalig* sein.

Stenglige Mineralien können *stenglige*, *faserige* Mineralien *faserige Aggregate* bilden. Die *Stengel*, *Nadeln* oder *Fasern* können *parallelstrahlig*, *parallelstenglig* usw., *radialstrahlig* oder *verworrenfaserig* angeordnet sein.

*Amorphe* oder *kryptokristalline Mineralaggregate* zeigen häufig *Aggregatformen* mit mehr oder weniger rundlicher Oberflächen Ausbildung. *Glasköpfe* sind Gebilde, die äusserlich *kugelige Formen* zeigen und innerlich schalig und radialstrahlig aufgebaut sind. Die Ausbildung derartiger Aggregate kann *ferner nierig*, *traubig*, oder *warzig* sein.

<sup>1</sup> Der deutsche Ausdruck "Gefüge" umfasst Struktur und Textur gemeinsam.

If the aggregates are in rounded forms, as is the case in many clays, they are said to be *concretionary*. If they are feather-like (plumose) or moss-like, as is often the case along the *joints of bedded rocks*, they are said to be *dendritic*.

**Pseudomorphs, Epimorphs, Perimorphs.** Molecules of a crystal can be replaced by molecules of other material without altering the form of the crystal. Thus a crystal of pyrite may be changed to limonite. If the change is more or less complete, a *pseudomorph* of one mineral has been formed on the original mineral; if the change is superficial, as for example, when only the periphery of the pyrite crystal has been changed to limonite, an *epimorph* of limonite has been formed on the pyrite. If a crystal of one mineral is encrusted by another, and the original mineral is later leached out, a *perimorph* is formed.

Bilden die Aggregate ringsum geschlossene, rundliche Gebilde, wie sie sich zum Beispiel in manchen Tonen vorkommen, so nennt man die Ausbildung *konkretionär*. Ist die Ausbildung farn- oder moosartig, was meist auf *Schichtfugen* der Fall ist, so spricht man von *dendritischen* Formen.

**Pseudomorphosen, Epimorphosen, Perimorphosen.** Die Moleküle eines Kristalls können ohne Änderung der äusseren Kristallform durch Moleküle anderer Art ersetzt werden. So kann z.B. ein Kristall von Pyrit unter Erhaltung der äusseren Form in Brauneisen umgewandelt werden. Ist die Umwandlung mehr oder weniger vollkommen, so entsteht eine *Pseudomorphose* des neugebildeten Minerals nach dem ursprünglichen. Ist die Umwandlung nur oberflächlich, ist also z.B. nur die Oberfläche des Pyritkristalls in Brauneisen umgewandelt, entsteht eine *Epimorphose* von •Limonit nach Pyrit. Wird ein Kristall von einem anderen Mineral nur äusserlich umhüllt und wird das umhüllte Mineral später ausgelaugt, so entsteht eine *Perimorphose* (*Umhüllungspseudomorphose*).



## CHAPTER XI.

### PETROLOGY.

It is to V. M. Goldschmidt that we are indebted for new knowledge relating to the *distribution of elements* in the earth's crust according to *geochemical laws*. Information obtained from *smelting processes* had already thrown some light on the behaviour of melts of a composition resembling that of the earth, when it was in a molten state. During the *cooling* of such a melt, there is rapid *decrease in solubility*; this results in the separation of the greater part of the *heavier metals* as *metallic melts*, because there is not available sufficient sulphur and oxygen to combine with them. A smaller part of the heavy metals combine with sulphur to form *sulphide melts*. The remaining part of the melt is a silicate.

As the result of Goldschmidt's work, the following *earth zones* (-shells) can be distinguished: 1. The core of metals, below a depth of about 2,900 km. 2. The sulphide-oxide zone (shell), below a depth of about 1,200 km. 3. The *eclogite* zone, that is, a zone of silicates under pressure, below a depth of about 120 km. 4. The silicate cover (envelope).

The *metal core* contains the *siderophilic elements*, that is, all metals more easily reducible than iron and which, at the same time, tend to become incorporated in molten iron. The sulphide melt contains the *chalcophilic elements*, that is, all elements which have a strong *affinity* for sulphur and a great tendency to be soluble in an iron-sulphide melt. The *silicate cover* and the *eclogite shell* contain *lithophilic elements*; these are elements which are easily soluble in a silica melt and have a strong affinity for oxygen. The *gas envelope* contains *atmosphic elements*, which have no affinity for the other three melts.

Another conception is that the uppermost part of the earth's crust consists of lighter silicate material, the *sial*, composed mainly of silica and alumina. The *sial* rests on a heavier and continuous layer of basaltic composition, the *sima*, in which silicon and magnesium predominate. Below the *sima* is the *core*, the *nife*, which is supposed to consist, for the most part, of nickel and iron.

## KAPITEL XI.

### PETROLOGIE.

Neuere Erkenntnisse über die *geochemischen Verteilungsgesetze der Elemente* in der Erde verdanken wir V. M. Goldschmidt. Über das Verhalten einer Schmelze von der Zusammensetzung, wie sie die Erde im geschmolzenen Zustand darstellte, geben schon die Erfahrungen der *Hüttenkunde* einigen Aufschluss. Bei der *Abkühlung* einer solchen Schmelze tritt schon im flüssigen Zustand eine *Löslichkeitsverminderung* ein, durch die sich die weitaus überwiegenden *Schwermetalle*, zu deren Bindung nicht genug Schwefel oder Sauerstoff vorhanden war, im flüssigen Zustand als *Metallschmelze* abscheiden. Ein kleiner Teil der Schwermetalle wird an Schwefel gebunden und bildet eine *Sulfidschmelze*. Der Rest der Schmelze ist silikatisch.

Demnach sind nach V. M. Goldschmidt folgende *Erdschalen* zu unterscheiden: 1. Der Metallkern bis etwa 2900 km Tiefe, 2. die Sulfid-Oxydschale bis etwa 1,200 km Tiefe, 3. die Eklogit-schale, d.h. eine Zone komprimierter Silikate bis etwa 120 km Tiefe und 4. die Silikathülle.

Der *Metallkern* enthält die *siderophilen Elemente*, das sind alle Elemente, die leichter als Eisen reduzierbar sind und die zugleich eine hohe Lösungsneigung in geschmolzenem Eisen haben. Die Sulfidschmelze enthält die *chalkophilen Elemente*, das heisst alle Elemente mit besonders hoher *Affinität* zu Schwefel und besonders hoher Löslichkeitsneigung in einer Eisensulfidschmelze. Die *Silikathülle* und die *Eklogitschale* enthalten die *lithophilen Elemente*, das sind die Elemente, deren Verbindungen eine starke Löslichkeit in Silikatschmelzflüssen bzw. besonders hohe Affinität zu Sauerstoff haben. Die *Dampfhülle* enthält die *atmosphilen Elemente*, die keine Affinität zu einem der drei anderen Schmelzflüsse haben:

Nach anderen Auffassungen besteht der oberste Teil der Erdkruste aus leichtem silikatischem Material, dem *Sial*, das vorwiegend aus Silicium und Aluminium besteht. Das Sial lagert auf einer schwereren kontinuierlichen Schicht von basaltischer Zusammensetzung, dem *Sima*, in der Silicium und Magnesium vorherrschen. Unter dem Sima befindet sich der *Kern*, welcher wohl zum grossen Teil aus Nickel und Eisen besteht (*Nife*).

## CLASSIFICATION OF ROCKS.

Only the uppermost part of the silicate cover of the earth can be observed directly. The rocks forming this uppermost part of the earth's crust can be divided into the following groups:

- I. Igneous Rocks.
  - (a) Plutonic rocks.
  - (b) Vein (and Dyke) rocks (Hypabyssal rocks).
  - (c) Volcanic rocks.
- II. Sedimentary Rocks.
  - (a) Clastic sedimentary rocks.
  - (b) Precipitated sedimentary rocks.
- III. Metamorphic Rocks.
  - (a) Contact metamorphic rocks.
  - (b) Regional metamorphic rocks.

## IGNEOUS ROCKS AND THEIR FORMATION.

All *igneous rocks* are formed from *magmatic melts*, hence the *physico-chemical conditions* which prevail in such solutions are of especial interest to petrologists.

## FORMATION PROCESSES IN MAGMA.

*Magma* is a *silicate melt* composed, in part, of constituents that are of low volatility and, in part, of those of high volatility. The *constituents difficult to volatilize* are substances which have a very high *fusion temperature*, and *evaporation pressure*, like  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , and  $\text{K}_2\text{O}$ . Together they form by far the greater part of the magmatic melt. The *easily volatilized constituents*, contrary to those that are volatilized with difficulty, have low melting temperatures and evaporation pressures. This is so for all substances like  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  and others. Their presence is of the greatest significance in the formation of magma, in the origin of different kinds of igneous rocks, and in particular in forming mineral deposits.

A *homogeneous melt* of such different components is possible only at very great pressures. Hence, pressure plays an especially important role in the condition of the magma.

## DIFFERENTIATION OF ROCK MAGMA.

*Differentiation* is a general term for the processes that give rise to different types of igneous rocks, and of mineral deposits, originating from a common magma. Taken separately, they are as follows:—

## EINTEILUNG DER GESTEINE.

Unmittelbar, zur Beobachtung gelangen nur die obersten Teile der Silikathülle der Erde. Die Gesteine dieser obersten Erdkrinde lassen sich in folgende Gruppen einteilen.

- I. Eruptivgesteine.
  - a. Tiefengesteine (Plutonite).
  - b. Ganggesteine.
  - c. Ergussgesteine (Vulkanite).
- II. Sedimentgesteine.
  - a. Klastische Sedimente (Trümmersedimente).
  - b. Ausscheidungssedimente.
- III. Metamorphe Gesteine.
  - a. Kontaktgesteine.
  - b. Regionalmetamorphe Gesteine.

## ERUPTIVGESTEINE UND IHRE BILDUNG.

Alle *Eruptivgesteine* bilden sich aus *magmatischen Schmelzlösungen* und die *physikalisch-chemischen Bedingungen*, die in solchen Schmelzlösungen herrschen, sind daher für den Petrographen von besonderem Interesse.

### BILDUNGSVORGÄNGE IM MAGMA.

Das *Magma* ist ein *Silikatschmelzfluss*, der aus schwerflüchtigen und leichtflüchtigen Bestandteilen besteht. *Schwerflüchtige Bestandteile* sind Stoffe mit sehr hohen *Schmelztemperaturen* und *Verdampfungsdrucken*, wie  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{K}_2\text{O}$ . Sie bilden den weitaus grössten Teil der magmatischen Schmelzlösung. Die *leichtflüchtigen Bestandteile* haben im Gegensatz zu den schwerflüchtigen sehr niedrige Schmelztemperaturen und Verdampfungsdrücke. Es sind dies vor allem die Stoffe  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  u.a. Sie sind für die Gestaltung magmatischer Schmelzlösungen, für die Herausbildung verschiedener Eruptivgesteine und besonders der Lagerstätten von ausserordentlich grosser Bedeutung.

Eine *homogene Schmelze* aus derartig verschiedenen Komponenten ist nur bei sehr hohen Drucken möglich. Der Druck spielt daher bei der Gestaltung des Magmas eine besonders grosse Rolle.

### DIFFERENTIATION DES MAGMAS.

*Differentiation* ist ein Sammelbegriff für die Vorgänge, auf Grund deren verschiedene Eruptivgesteinstypen und Lagerstätten aus einer gemeinsamen magmatischen Schmelzlösung entstehen. Im einzelnen sind diese Vorgänge die folgenden :

**Limited Miscibility (Liquation).** Previous to the *crystallization* of a slow-cooling homogeneous magma, small *liquid globules* (somewhat analogous to drops of oil in an *emulsion*) are formed, which become *insoluble* due to the fall in temperature of the silicate melt. The magma, at this stage, has ceased to be in a *homogeneous state*; there is *limited miscibility* consequent on the fall of temperature, and *immiscibility* in a fluid condition occurs.

**Fractional Crystallization.** The crystals which have been formed at the earliest stages of crystallization are, in general, heavier than the melt. By *gravity sinking* they may enrich the deeper zones of the *magma reservoir*, or may again be dissolved in the magma. *Convection currents*, in localized parts of the magma, may also form enrichments of the earliest separation products, but *differentiation due to gravity sinking of crystals* is of far greater importance in the formation of rocks.

Differentiation resulting from gravity sinking, as also in all other differentiation processes, reaches its maximum effect when the magma has remained, for a long period, at a temperature which promotes the *separation of crystals*, and retains the magma in a state of relatively low *viscosity*.

**Differentiation by Gas Transfer.** *Bubbles of gas*, released from the dissolved gases during crystallization, can attach themselves to small crystals and globules of *immiscible sulphides*, and carry them from deeper to higher zones.

**Contact Chilling (Chilled margins at the contact with adjacent rocks).** The part of the magma which has been chilled at its *contact* with the adjacent rocks may have consolidated before differentiation processes came into operation. The *chilled margin* of an igneous intrusion may, therefore, represent to a certain degree the original bulk composition of the magma, before differentiation.

**Reaction Series.** If crystals separate out of a *mixed melt*, they may cease to be in *equilibrium* with the *rest of the magma*. If the crystals are so small that they are unable to overcome the *internal friction* of the melt to effect differentiation by gravity sinking, they may be redissolved to form an *intermediate melt* from which, at a later stage, they can again separate out as different minerals.

It has been found experimentally that a melt of the composition of enstatite,  $\text{MgSiO}_3$ , will, on *cooling*, first form forsterite  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ . This mineral, however, reacts with the rest of the melt to form, by addition of silica, the mineral enstatite. This

**Begrenzte Mischbarkeit (Entmischung im flüssigen Zustand).** Vor der *Kristallisation* eines langsam abkühlenden homogenen Magmas bilden sich in ihm kleine *flüssige Tröpfchen* von Sulfiden (ähnlich Öltröpfchen in einer *Emulsion*), die bei sinkender Temperatur in dem Silikatschmelzfluss *unlöslich* geworden sind. Das Magma hat in diesem Stadium seine *Homogenität* verloren. Es hat bei sinkender Temperatur *begrenzte Mischbarkeit* und *Entmischung* im flüssigen Zustand tritt ein.

**Fraktionierte Kristallisation.** Die Kristalle, die in den frühesten Stadien der Magmenkristallisation gebildet werden, sind im allgemeinen schwerer als die Schmelzlösung. Sie können daher infolge *gravitativen Absinkens* in tieferen Zonen des *magmatischen Herdes* angereichert oder wieder aufgelöst werden. Lokal können auch *Konvektionsströme* im Magma eine Anreicherung der *Erstausscheidungen* verursachen. Die *gravitative Kristallisationsdifferentiation* ist jedoch von wesentlich grösserer Bedeutung für die Gesteinsbildung.

Das grösste Ausmaß der gravitativen Differentiation, wie auch aller anderen Differentiationsvorgänge, findet in langsam abkühlenden Magmen statt, die lange Zeit bei Temperaturen verharren, die die *Kristallabscheidung* fördern und eine verhältnismässig geringe *Viskosität* des Magmas erhalten.

**Differentiation durch Gastransport.** *Gasbläschen*, die im Magma durch Freiwerden der gelösten Gase bei der Kristallisation entstehen, können sich an kleine Kristalle und kleine Tröpfchen *entmischter Sulfide* ansetzen und diese aus tieferen in höhere Zonen bringen.

**Abkühlungsfläche gegen das Nebengestein.** Der Teil des Magmas, der in *Kontakt* mit den umgebenden Gesteinen rascher abkühlte, kann vor dem Beginn der Differentiationsvorgänge erstarrt sein. Diese *Abkühlungsfläche* eines Intrusivkörpers kann daher bis zu einem gewissen Grade die ursprüngliche Zusammensetzung des Magmas vor der Differentiation darstellen.

**Reaktionsreihen.** • Scheiden sich aus einem *gemischten Schmelzfluss* Kristalle aus, so sind sie nachher mit der *Restlösung* nicht mehr im *Gleichgewicht*. Sind die Kristalle so klein, dass sie die *innere Reibung* der Schmelze nicht überwinden können, um sich gravitativ zu differenzieren, so werden sie aufgelöst. Es bildet sich eine *intermediäre Schmelze*, aus der sich später wieder andere Mineralien ausscheiden können.

So wurde experimentell gefunden, dass aus einer Schmelze der Zusammensetzung von Enstatit,  $\text{MgSiO}_3$ , beim *Abkühlen* zunächst Forsterit,  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ , gebildet wird. Dieses Mineral reagiert mit der Restschmelze und bildet erst dann durch Kieselsäureauf-

*change* of forsterite into enstatite may be incomplete, and only the *periphery* of the forsterite changed into enstatite. This *peripheral change* is referred to as the *reaction rim*. Two minerals which behave in this manner are spoken of as a *reaction pair*.

As the result of the process just described, *reaction series* are formed in the magmatic solution; their formation is aided by the *isomorphous miscibility* of certain mineral groups. Two chief groups, according to Bowen, can be distinguished, one being *salic minerals* and the other *femic minerals*. (See Table, page 121.)

**Incongruent melting-point.** Some minerals do not fuse into a homogeneous melt of the composition of the original minerals. If, for example, orthoclase is fused it forms a melt of leucite and silica; orthoclase has an *incongruent melting-point*.

**Eutectic Mixture.** When a melt, composed of the molecules of anorthite and olivine in which anorthite molecules predominate, crystallizes, anorthite is formed before olivine. If olivine molecules are in excess, olivine crystallizes first. If, however, the melt contains such proportions of the two kinds of molecules that the *saturation point* for both components is reached simultaneously, both will crystallize out together; they form a *eutectic mixture*.

The *eutectic* is a mixture of two or more components which have crystallized out simultaneously from the *mutual solution* of their constituents; the molecules occur in such proportions that the saturation point of the components was reached at the same instant. The *ratio, by weight* (the *weight-ratio*) and the *molecular ratio* of the components which crystallize at the *eutectic point*, is called the *eutectic ratio*.

#### THE CONSOLIDATION OF MAGMA (ENTWICKLUNGSSTADIEN=STAGES IN THE DEVELOPMENT...).

When an *intruded body* of magma cools, the first real *magmatic stage* of consolidation is the solidification of the greater part of the constituents composed of *anhydrous silicate minerals* having a high *melting point*, and which require a very high temperature to volatilize. It is at this stage that various kinds of igneous rocks are formed.

The *residual magma* is richer than the *parent magma* (*mother-liquor*) in minerals of lower melting point, and richer also in volatiles. Due, therefore, to its low viscosity and high

nahme das Mineral Enstatit. Diese *Umwandlung* von Forsterit in Enstatit kann unvollständig sein und nur der *Rand* von Forsterit kann in Enstatit umgewandelt sein. Diese *randliche Umwandlung* wird als *Reaktionsrand* (*Reaktionshof*) bezeichnet. Zwei Mineralien, die solche Erscheinungen zeigen, sind als *Reaktionspaar* bezeichnet worden.

Infolge entsprechender Vorgänge treten in magmatischen Schmelzlösungen *Reaktionsreihen* auf, deren Bildung durch *isomorphe Mischbarkeit* gewisser Mineralgruppen unterstützt wird. Nach Bowen sind hierbei zwei Hauptreihen zu unterscheiden deren eine die *salischen Mineralien* und deren andere die *femischen Mineralien* betrifft. (Vergl. Tabelle Seite 122.)

**Inkongruenter Schmelzpunkt.** Manche Mineralien schmelzen nicht zu einer homogenen Schmelze von der Zusammensetzung des ursprünglichen Minerals. Schmilzt man zum Beispiel Orthoklas, so erhält man eine Schmelze aus Leuzit und Kieselsäure. Man spricht von einem *inkongruenten Schmelzpunkt*.

**Eutektische Mischungen.** Kristallisiert eine Schmelze aus Anorthit- und Olivinmolekül mit vorherrschendem Anorthitmolekül, so bildet sich Anorthit vor Olivin. Ist Olivinmolekül im *Überschuss* vorhanden, so kristallisiert Olivin zuerst. Enthält die Schmelze jedoch ein solches Verhältnis von Anorthitmolekül und Olivinmolekül, dass *Sättigung* an beiden Komponenten zu gleicher Zeit eintritt, so kristallisieren beide zusammen aus. Sie bilden eine *eutektische Mischung*.

Das *Eutektikum* ist eine Mischung von zwei oder mehr Komponenten, die gleichzeitig aus einer *gemeinsamen Lösung* ihrer Bestandteile auskristallisieren, in der die Moleküle in solchen Verhältnissen vorhanden sind, dass die Sättigung an den Komponenten zu gleicher Zeit eintritt. Das *Gewichtsverhältnis* bzw. das *Molekularverhältnis* der Komponenten, die im *eutektischen Punkt* kristallisieren, wird das *Eutektikumsverhältnis* genannt.

#### ENTWICKLUNGSSTADIEN DER MAGMENVERFESTIGUNG.

Kühlt eine *Intrusionsmasse* von Magma ab, so verfestigt sich im ersten, dem eigentlichen *magmatischen Stadium* der grössere Teil der schwerflüchtigen Bestandteile unter Bildung von *wasserfreien Silikatmineralien* mit hohem *Schmelzpunkt* und hohen Verdampfungstemperaturen. In diesem Stadium entstehen die verschiedenen Arten von Eruptivgesteinen.

In der *Restschmelze* sind die leichtflüchtigen Bestandteile und die Mineralien mit niedrigerem Schmelzpunkt mehr angereichert als im *Muttermagma*. Vermöge seiner geringeren



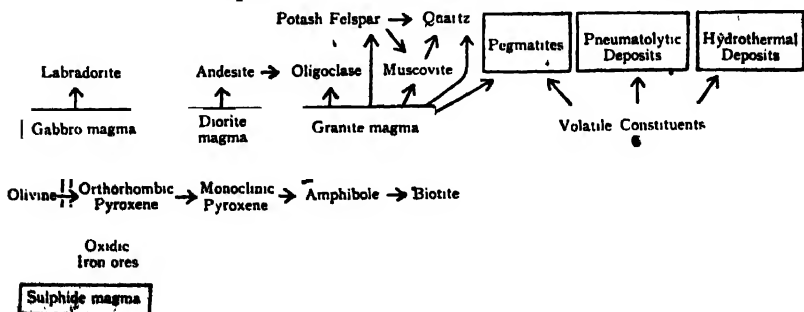
content of volatiles, the residual magma is able to form *holocrystalline rocks* made up of large crystals. Consequent on the accumulation of volatile constituents, the *internal pressure* in the *intrusive body*, in spite of decreasing temperature, increases to an extraordinary extent, and eventually may become greater than the *external pressure*. Fissures can then be formed, into which the residual magma is *squeezed*. This second stage in the consolidation of magma is termed the *pegmatitic phase*. *Pegmatite veins* and *pegmatitic marginal zones* are formed.

At the end of the pegmatitic phase, the remainder of the constituents of low volatility are almost completely solidified, and the more easily volatilized constituents predominate. In consequence of the extraordinary accumulation of internal pressure, and continued rise in temperature, these volatiles are, *above the critical temperature* of their *fluid state*. The gases and vapours emanating from the magma are, therefore, *chemically extremely active*. They attack the neighbouring rocks to form new minerals, parts of which are from the magma and parts from the neighbouring rocks. This is the *pneumatolytic stage*, and the process of mineral formation is named *pneumatolysis*.

The temperature continues to decrease, the gases and vapours commence to *condense*, and the *hydrothermal stage* is reached. Hot *aqueous solutions* traverse *fissures* and deposit in them the material held in solution. Thus *hydrothermal veins* are formed.

If the gases and vapours reach the surface, the *solfatara stage* is eventually reached. It is characterized by the *emanation* of steam and carbon dioxide, and gases containing sulphur and chlorine.

The development of rocks in an intrusive body, according to V. M. Goldschmidt, is shown schematically in the following:—



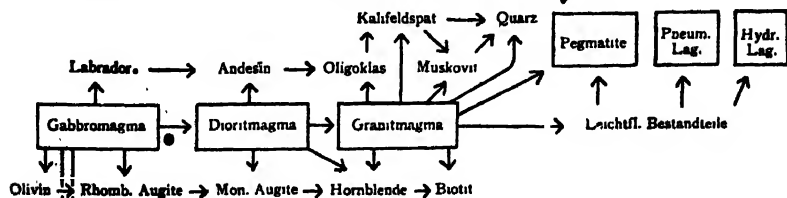
Viskosität und des relativ hohen Gehaltes an leichtflüchtigen Bestandteilen, kann dieses Restmagma *holokristalline Gesteine*, die aus sehr grossen Kristallen aufgebaut sind, bilden. Infolge des Anwachsens des Gehaltes an leichtflüchtigen Bestandteilen nimmt in diesem Stadium der *Innendruck* im *Intrusivkörper* trotz abnehmender Temperatur ausserordentlich zu, so dass er schliesslich grösser werden kann als der *Aussendruck*. Es können sich in der Umgebung Spalten bilden, in die das Restmagma *abgepresst* wird. Dieses zweite Stadium der Magmenerstarrung wird als die *pegmatitische Phase* bezeichnet. *Pegmatitgänge* und *pegmatitische Randzonen* werden gebildet.

Am Ende der pegmatitischen Phase ist der Rest der schwerflüchtigen Bestandteile des Magmas nahezu vollkommen erstarrt und die leichtflüchtigen Bestandteile sind herrschend. Infolge des ausserordentlich angewachsenen Innendruckes und der immer noch hohen Temperaturen befinden sich diese im *überkritischen, fluiden Zustand*. Die Gase und Dämpfe, die nun aus dem Magma abgegeben werden, sind daher *chemisch äusserst aktiv*. Sie greifen die benachbarten Gesteine an und neue Mineralien entstehen, teils durch Zufuhr vom Magma, teils durch Umbildung der vorhandenen. Dies ist das *pneumatolytische Stadium* und der Vorgang der Mineralneubildung wird *Pneumatolyse* genannt.

Die Temperatur im Magma sinkt nun weiter, die Gase und Dämpfe beginnen sich zu *kondensieren* und das *hydrothermale Stadium* wird erreicht. Heisse, meist *wässrige Lösungen* durchwandern die *Spalten* im Gestein und lagern in diesen das in Lösung gehaltene Material ab. *Hydrothermale Gänge* werden gebildet.

Kommen die Gase und Lösungen bis an die Erdoberfläche, so kann schliesslich das *Solfatarenstadium* erreicht werden. Es ist durch die *Emanation* von Wasserdampf und Kohlendioxyd, sowie von Gasen und Dämpfen, die Schwefel und Chlor enthalten, gekennzeichnet.

Insgesamt ergibt sich nach V. M. Goldschmidt die folgende schematische Entwicklung eines Intrusionskörpers:



## ROCK TRIBES, PETROGRAPHIC PROVINCES.

One of the earliest classifications of rocks was made by Rosenbusch. He distinguished two principal classes, the alkali rocks and the calc-alkali rocks. The *alkali rocks* have relatively high content of *alkalies* and *alumina*. They carry such *alkali minerals* as leucite, nepheline, *soda-pyroxene*, and *soda-amphibole*. Chemically, they are characterized by the predominance, in *molecular proportions*, of alkalies over alumina. P. Niggli further distinguishes the alkali rocks into a series in which sodium predominates, the *soda series*; and a series in which potassium predominates, the *potash series*. In the *calc-alkali rocks*, definite alkali minerals are absent; alumina predominates over alkalies, and they always have a noteworthy amount of CaO.

It is an important geological fact that certain extensive regions of the earth form *alkali provinces*, and others *calc-alkali provinces*. Such regions are known as *petrographic*, or *comagmatic*, provinces. During Tertiary times, broadly speaking, calc-alkali rocks were formed around the borders of the Pacific Ocean, and alkali rocks in Atlantic regions. The Mediterranean region is characterized (according to Niggli) by the predominance of potash rocks. Hence rocks can, in a broad sense, be divided into *Pacific*-, *Atlantic*-, and *Mediterranean* tribes.

## CLASSIFICATION OF IGNEOUS ROCKS.

Numerous attempts have been made to classify the different types of igneous rocks. These classifications have been based partly on the chemical composition of the rocks, and partly on their *mineral content*. A classification based on chemical analyses is very valuable for certain purposes, for example, for investigating the origin of igneous rocks. Such a classification, however, gives no information about the mineral content of the rocks; this is of particular interest to the geologist, who prefers, therefore, a classification based on the mineral content.

The *C.I.P.W. classification* of Cross, Iddings, Pirsson and Washington, which is much used at present in England and America, is one which is based on chemical analyses. In it, the *norm* is divided into *salic* and *femic groups*. The *salic minerals* are orthoclase, albite, anorthite, leucite, nephelite, corundum, and zircon. Some of the chief *femic minerals* are diopside, hypersthene, olivine, ægirine, magnetite, ilmenite, hematite and apatite. It is, moreover, important to include under mineral content, the *cryptocrystalline groundmass* and *glassy base*,

## GESTEINSSIPPEN, GESTEINSPROVINZEN.

Eine der ersten Einteilungen der Eruptivgesteine stammt von H. Rosenbusch. Er unterschied zwei Hauptreihen, die Alkaligesteine und die Alkalikalkgesteine. Die *Alkaligesteine* haben relativ viel *Alkalien* und *Tonerde*. Sie führen *Alkalimineralien*, wie Leuzit, Nephelin, *Alkaliaugite* und *Alkalihornblenden*. In chemischer Hinsicht ist für sie kennzeichnend, dass die Alkalien in *Molekularprozenten* vor der Tonerde überwiegen. P. Niggli unterscheidet bei den Alkaligesteinen weiter zwischen einer Reihe mit Natronvormacht, der *Natronreihe*, und einer Reihe mit Kalivormacht, der *Kalireihe*. Bei den *Alkalikalkgesteinen* fehlen die ausgesprochenen Alkalimineralien. Bei ihnen überwiegt die Tonerde über den Alkaligehalt und ausserdem sind sie oft durch einen beträchtlichen Gehalt an CaO ausgezeichnet.

Geologisch wichtig ist, dass gewisse grössere Gebiete der Erde *Alkalikalkprovinzen*, andere *Alkaliprovinzen* darstellen. Ein solches Gebiet bezeichnet man als *petrographische Provinz* (*Gesteinsprovinz*). So bildeten sich während der Tertiärzeit im Grossen und Ganzen in der Umrandung des Pazifischen Ozeans Alkalikalkgesteine, im Atlantischen Gebiet Alkaligesteine. Die Mittelmeergegend zeichnete sich durch Kalivormacht aus. Man kann danach auch im Grossen die Gesteine in eine *pazifische*, eine *atlantische* und eine *mediterrane Sippe* einteilen.

## EINTEILUNG DER ERUPTIVGESTEINE.

Zahlreiche Versuche zur speziellen Einteilung und Klassifikation der verschiedenen Typen der Eruptivgesteine sind gemacht worden. Diese Einteilungen beruhen teils auf der chemischen Zusammensetzung der Gesteine, teils auf ihrem *Mineralbestand*. Eine Einteilung der Eruptivgesteine auf der Grundlage der chemischen Analyse ist für gewisse Zwecke, z.B. zur Klärung der Entstehungsbedingungen von Eruptivgesteinen sehr wertvoll. Eine solche Einteilung sagt jedoch nichts über den Mineralbestand der Gesteine aus, der für den Geologen von besonderem Interesse ist. Dieser wird daher eine Einteilung, die auf dem Mineralbestand beruht, vorziehen.

Eine Einteilung auf chemischer Grundlage ist die C.I.P.W. Einteilung von Cross, Iddings, Pirsson und Washington, die in England und Amerika heute sehr viel benutzt wird. Bei dieser Einteilung wird die Norm in *salische* und *femische Gruppen* eingeteilt. Die *salischen Mineralien* sind Orthoklas, Albit, Anorthit, Leuzit, Nephelin, Korund und Zirkon. Einige wichtige *femische Mineralien* sind Diopsid, Hypersthen, Olivin, Aegirin, Magnetit, Titaneisen, Eisenglanz und Apatit. Ferner ist es notwendig unter dem Mineralbestand auch die *kryptokristalline Grund-*

should they occur in the rock. The relative proportions of salic and femic minerals are taken as the first basis of the *subdivision* into classes.

The minerals in an igneous rock can be divided into three groups: 1. Essential minerals, 2. Accessory minerals, 3. Secondary minerals; or, according to the amounts present, into *major constituents*, *constituents* occurring in *medium amount*, and *minor constituents*.

\* The *specific name* given to a rock depends on the *essential minerals* which it contains. It is not always the case that the *predominating minerals* are essential minerals for that type of rock. In a second classification, the rock name is determined by the major constituents, and part of the medium constituents, contained in the rock. The *accessory minerals*, which answer to the minor constituents, are generally present only in small quantities. Their presence does not affect the specific name chosen for the rock.

The essential and accessory minerals are usually of *primary origin*, that is, they were formed directly during the consolidation of the magma. The *secondary minerals* were formed by the *alteration* of the primary minerals by *thermal decomposition*, by *metamorphism*, or by weathering. They may be formed *in situ* from the primary minerals, or may be deposited in small fissures or cavities by *percolating solutions*. They have nothing to do with the origin of the rock.

The *silica-saturation* of rocks has also been used as a basis of classification. Rocks which contain *free silica*, in the form of quartz, are classed as *oversaturated rocks*; those which contain highly *siliceous minerals*, but no free quartz, are said to be *saturated rocks*. The *unsaturated rocks* contain minerals which could not, under normal conditions, be formed in the presence of free silica. These latter rocks are divided into three groups, according as to whether they are *undersaturated in salic minerals*, in *femic minerals*, or in both *salic* and *femic minerals*.

Igneous rocks can also be arranged according to their silica content into 1. *Acid rocks*, with silica content over 66%, 2. *Intermediate rocks*, with between 66% and 52% of silica and 3. *Basic rocks*, with less than 52% of silica. There is a comparatively small group of rocks which belong to the extreme basic end; they are referred to as *ultra-basic rocks*.

*masse* und die *Glasbasis*, falls diese im Gestein vorhanden sind, einzuschliessen. Das relative Verhältnis zwischen salischen und femischen Mineralien wird als erste Grundlage für die *Unterteilung* in Klassen benutzt.

Die Mineralien eines Eruptivgesteins können in drei Gruppen eingeteilt werden: 1. in wesentliche Mineralien, 2. in accessori-sche Mineralien, 3. in sekundäre Mineralien. Vieltach werden die Mineralien eines Eruptivgesteins auch nach ihrer Menge in *Hauptgemengteile*, *Nebengemengteile* und *Übergemengteile* eingeteilt.

Der *kennzeichnende Name*, der einem Gestein gegeben wird, hängt von den *wesentlichen Mineralien*, die es enthält, ab. Das *vorherrschende Mineral* ist nicht in allen Fällen das für diesen Gesteinstyp wesentliche. Bei der zweiten Art der Einteilung bestimmen die Hauptgemengteile und ein Teil der Nebengemengteile den Namen des Gesteins. Die *accessorischen Mineralien*, die den Übergemengteilen entsprechen, finden sich gewöhnlich nur in geringer Menge. Ihre Gegenwart beeinflusst den kennzeichnenden Namen des Gesteins nicht.

Die wesentlichen und die accessori-schen Mineralien sind *primärer Entstehung*, das heisst sie wurden unmittelbar während der Verfestigung des Magmas gebildet. Die *sekundären Mineralien* wurden durch *Umwandlung* der primären Mineralien durch *thermale Umwandlung*, durch *Metamorphose* oder durch *Verwitterung* gebildet. Sie können an *Ort und Stelle* aus den primären Mineralien umgebildet sein oder sie können in kleinen Gängchen oder Höhlungen aus *durchsickernden Lösungen* abgesetzt worden sein. Mit der ursprüngliche Bildung des Gesteins haben sie nichts zu tun.

Die *Sättigung* eines Gesteins mit *Kieselsäure* wurde ebenfalls als Einteilungsgrundlage der Gesteine benutzt. Gesteine mit *freier Kieselsäure* als Quarz werden als *übersättigte Gesteine* zusammengefasst. Gesteine, die hoch *silifizierte Mineralien*, aber keinen freien Quarz enthalten, werden als *gesättigte Gesteine* bezeichnet. Die *ungesättigten Gesteine* enthalten Mineralien, die sich bei Gegenwart freier Kieselsäure unter normalen Bedingungen nicht bilden konnten. Diese letztere Gesteinsgruppe wird weiter in drei Gruppen eingeteilt, je nachdem, ob die *salischen* oder die *femischen* oder die *salischen* und die *femischen Mineralien* *untersättigt* sind.

Nach ihrem Kieselsäuregehalt können die Eruptivgesteine noch in 1. *saure Gesteine* mit einem Kieselsäuregehalt über 66%, 2. *intermediäre Gesteine* mit einem Kieselsäuregehalt zwischen 66 und 52% und 3. *basische Gesteine* mit weniger als 52% Kieselsäure eingeteilt werden. Daneben steht eine verhältnismässig kleine Gruppe von Gesteinen, die das extrem basische Ende vorstellen und als *ultrabasische Gesteine* bezeichnet werden.

## GEOLOGICAL FORMS OF IGNEOUS BODIES.

Only a small part of the magmatic melt reaches the earth's surface; the bulk of it remains at depth. Distinction is made, therefore, between *intrusions* and *extrusions*. *Volcanic effusions* form *extrusive* (effusive) rocks; intrusions form *deep-seated* (*plutonic*) rocks. A third group is that of *dyke rocks*, which almost always occur as dykes or veins, and generally accompany the larger masses of plutonic rocks. The dyke rocks are, therefore, spoken of as *vein accompaniments*. To some extent they have the same composition as the plutonic rocks to which they are related, but are enriched either in *leucocratic*, or in *melanocratic*, constituents. When this is the case they are referred to as *differentiated dyke rocks* or *diaschistic rocks*.

*Intrusive bodies* occur in different geological forms. A *batholith* is a large igneous mass that may be miles across; its basement rock is generally not known. A large part of the neighbouring rocks has, in general, been assimilated in the batholith (*bathylith*).

When a magma has intruded a stratified rock, in many cases it has arched up the overlying strata in the form of a *dome*. Such forms of intrusions are referred to as *laccolites*, and frequently they are *mushroom-shaped*.

If the overlying beds have been sharply faulted upwards (instead of being arched), and the space between the folds is occupied by a magmatic body having steep flanks, the igneous mass is called a *bysmalith*, or *plutonic plug*.

*Phacoliths* are long, narrow, intrusions occupying the crests (saddles) and troughs of synclines and anticlines in a strongly-folded area. In cross-section (profile) they are *saddle-form*.

*Apophyses* are *off-shoots*, or *tongues*, of igneous rocks extending outwards from an intrusive mass.

When *rock magma* is forced into fissures, it crystallizes as the *fissure filling*, and forms *igneous dykes* or *-veins*.<sup>1</sup> If the magma has been forced into a pipe-like, or chimney-like, fissure, it forms a *pipe* or *plug*. The term *neck* is used for a plug of igneous rock that once filled a *volcanic vent*.

Frequently, magma has been forced for great distances between the more or less horizontal *bedding planes* of sedi-

<sup>1</sup> There are no corresponding terms in general use in German which distinguish between dyke (dike), vein and lode; for these three the term "Gang" is used. A dyke is, essentially, a wide igneous vein; a vein, a narrower igneous body, or an orebody. (For the use of "lode," see page 179.)

## GEOLOGISCHES AUFTRETEN DER ERUPTIVGESTEINE.

Nur ein kleiner Teil der magmatischen Schmelzlösungen dringt bis zur Erdoberfläche vor. Der grösste Teil bleibt in der Tiefe stecken und erreicht die Oberfläche nicht. Man unterscheidet daher zwischen *Intrusionen* und *Extrusionen*. Durch *vulkanische Ergüsse* entstehen die *Ergussgesteine*, durch *Intrusionen* die *Tiefengesteine*. Eine dritte Gruppe von Eruptivgesteinen, die *Ganggesteine* treten fast stets in Gangform auf. Sie sind meist Begleiter grösserer Tiefengesteinsmassive. Man spricht daher von der *Ganggefolgschaft*. Die Ganggesteine haben teils dieselbe Zusammensetzung, wie die zugehörigen Tiefengesteine, teils sind in ihnen die *leukokraten* oder die *melanokraten Gemengteile* angereichert. In den letztgenannten Fällen spricht man von *Spaltungsgesteinen* oder *Schisolithen*.

*Intrusivkörper* können verschiedene geologische Erscheinungsformen haben. So ist ein *Batholith* eine grosse Eruptivmasse, die meilenweite Einschnitte darstellen kann. Ein Unterlage anderer Gesteine ist meist unbekannt. Batholithe haben meist einen grossen Teil der Nebengesteine durchschmolzen.

Intrudiert ein Magma in geschichtete Gesteine, so wölbt es in vielen Fällen die überlagernden Schichten in der Art eines *Domes* auf. Solche Intrusivformen werden als *Lakkolithe* bezeichnet. Sie haben häufig *pilzartige Form*.

Sind die überlagernden Schichten scharf aufgefaltet und wird der Zwischenraum zwischen den Falten von einem Magmenkörper mit steilen Flanken eingenommen, so wird die Eruptivmasse als *Bysmalith* oder *plutonischer Pfropfen* bezeichnet.

*Phakolithe* sind lange schmale Intrusionen, die die Sättel und Mulden von Synklinalen und Antiklinalen in stark gefalteten Gebieten ausfüllen. Sie sind im Profil *sattelförmig*.

*Apophysen* sind *Ausstülpungen* oder *Zungen* von Eruptivgesteinen, die von grösseren Intrusionsmassen ausgehen.

Wird ein *Gesteinsmagma* in *Spalten* gepresst, so kristallisiert es als *Spaltenfüllung* und bildet *Eruptivgänge*.<sup>1</sup> Erstarrt das Magma in pfeifenartigen oder schornsteinartigen Störungen, bildet es eine "*pipe*" oder einen *Pfropfen*. Der Ausdruck *Neck* wird für einen Pfropfen von Eruptivgestein angewandt, der einst einen *vulkanischen Schlot* füllte.

Häufig wird das Magma auf grössere Erstreckungen zwischen mehr oder weniger horizontale *Schichtfugen* von Sediment-

<sup>1</sup> *Dike, vein* und *lode* werden im deutschen Sprachgebrauch im allgemeinen nicht unterschieden. Für alle Begriffe wird der Ausdruck "*Gang*" gebraucht. "*Dike*" bezeichnet im wesentlichen einen mächtigen Eruptivgang, "*vein*" einen geringer mächtigen Eruptiv- oder Erzgang. (Über die Bedeutung von "*lode*" vergl. Seite 180.)



imentary rocks to form sheet-like masses, much greater in their lateral than in their vertical thickness. Such igneous masses are called *sheets* or *sills*. Thin sills, and small *igneous plugs*, are referred to as *minor intrusions*.

#### STRUCTURE AND TEXTURE<sup>1</sup> OF IGNEOUS ROCKS.

"*Textur*," in German usage, is the arrangement in space of the constituents of the rock; "*Struktur*," the shape, and relationship to one another, of the constituents. In English-speaking countries, texture and structure are used in a sense quite reverse to this; the German term "*Struktur*" connotes the same as the English term "texture," and "*Textur*" the same as the English term "structure."

**Structures** (=German "*Texturen*"). Many igneous rocks show no directional arrangement of their constituents; they have *directionless structure*. Other igneous rocks, especially flows of eruptives, show a marked parallel orientation of their constituents; they show *flow-structure*. This is due to movement after the fluid rock had become *highly viscous* by cooling.

*Orbicular (Spheroidal) structure* is shown by many coarsely crystalline rocks, e.g., many granites and diorites (*Orbicular granites, Orbicular diorites*). The different minerals occur in the form of *concentric shells* round common centres. The spheroidal and *orbicular cores* are often well displayed by weathering processes (*exfoliation*).

Frequently igneous rocks, in mass, do not show the same composition throughout; particular zones are enriched in certain minerals. There is, however, no sharp boundary between the zones and the main rock; such rocks are spoken of as having a *banded structure*.

The gases retained in the viscous fluid form *vesicles* which are *spherical, elliptical, or tabular*; these give the rock a *vesicular structure*. The rock is *amygdaloidal* when the vesicles become filled, or partly filled, with secondary minerals such as zeolites, chlorites, chalcedony, etc.

**Textures** (=German "*Strukturen*"). If a magma cools slowly, a *holocrystalline rock* is formed, that is, an aggregate of *interlocking, completely crystallized minerals* without any *glassy matrix*. If, on the other hand, a magma cools very

<sup>1</sup> The German term "Gefüge" includes both texture and structure.

gesteinen gepresst, in denen es deckenartige Massen bildet, die in ihrer Ausbreitung viel grösser als in ihrer Mächtigkeit sind. Solche Eruptivmassen werden als *Lager* oder *Lagergänge* bezeichnet. Dünne Lagergänge und kleine *Eruptivpfropfen* werden als *Kleinintrusionen* bezeichnet.

#### GEFÜGE<sup>1</sup> (STRUKTUR UND TEXTUR) VON ERUPTIVGESTEINEN.

Im Deutschen bezeichnen wir als *Textur* die Anordnung der Gemengteile eines Gesteins im Raum, als *Struktur* ihre Ausbildung und ihre Beziehungen zueinander. Im Englischen werden diese Begriffe gerade umgekehrt gebraucht. Dem deutschen Begriff *Struktur* entspricht im Englischen "texture" und dem deutschen Begriff *Textur* entspricht im Englischen "structure."

**Texturen** (= Englisch "Structures"). Viele Eruptivgesteine zeigen keinerlei Richtung in der *Anordnung* ihrer Gemengteile. Sie haben *richtungslose Textur*. Andere Eruptivgesteine, besonders Ströme von Ergussgesteinen zeigen eine deutliche Parallelorientierung ihrer Gemengteile. Sie zeigen *Fluidaltextur* (*Fliesstextur*). Sie entsteht durch die Bewegung der im Verlaufe der Abkühlung sehr *zähflüssig* gewordenen Gesteinsschmelze.

*Kugeltextur* haben manche grobkristallinen Gesteine, z.B. manche Granite und Diorite (*Kugelgranite*, *Kugeldiorite*). Die verschiedenen Mineralien finden sich hier in Form von *konzentrischen Schalen* um einen Mittelpunkt. Die Schalen und die *kugeligen Kerne* treten oft bei der Verwitterung gut zu Tage.

Oft zeigen Eruptivgesteine nicht in ihrer Gesamtheit vollkommen gleichartige Zusammensetzung, sondern in einzelnen Zonen sind gewisse Mineralien angereichert. Eine scharfe Grenze gegen das eigentliche Gestein besteht jedoch nicht. Man spricht in diesen Fällen von *schlieriger Textur*.

Gase, die in der viskosen Schmelze zurückbleiben, können *rundliche, elliptische oder flache Blasen* bilden, die dem Gestein eine *blasige Textur* geben. Das Gestein wird *Mandelstein* genannt, wenn die Blasen teilweise oder ganz mit sekundären Mineralien, wie Zeolithen, Chlorit, Chaledon usw. gefüllt sind.

**Strukturen** (= Englisch "Textures"). Kühlt ein Magma langsam ab, so entsteht ein *holokristallines Gestein*, das heisst ein Aggregat *ineinandergreifender, vollständig kristallisierter Mineralien* ohne irgendwelche *glasige Zwischenmasse*. Kühlt

<sup>1</sup> Der deutsche Ausdruck, "Gefüge" umfasst Struktur und Textur gemeinsam,

rapidly, crystals are unable to form in certain cases; the result is a *natural glass* and the rock is *vitreous*, like *obsidian*. A magma high in silica content will consolidate into glass more readily than one low in silica, because siliceous melts, especially if dry, are much more viscous. That is why glassy acid rocks are far more common than glassy basic rocks. When a rock consists partly of crystalline, and partly of vitreous material, it is said to be *hemicrystalline*, or *hypocrystalline*.

If the *constituents* of a rock show good crystal boundaries, the crystals are said to be *idiomorphic*, or *euhedral*; those which do not show any crystal boundaries are called *allotriomorphic*, or *anhedral*, crystals; and minerals which are only partly bounded by crystal faces are referred to as *hypidiomorphic*, or *subhedral*, crystals. Idiomorphic crystals are generally of *early generation* in the magma. They are, therefore, often *reabsorbed* by the rest of the magma to become irregular in form; they suffer *corrosion*, and their peripheries may show a *zone of corrosion*.

If a rock consists of minerals that are comparatively equidimensional (uniform in size) without crystal boundaries, it is said to be *allotriomorphic granular* (or to have a granitic texture). If the minerals show crystal-facets in part, and no facets in part, the rock is said to be *hypidiomorphic granular*; and if it consists only of minerals with crystal boundaries, it is called *panidiomorphic granular*. According to the size of the constituents, rocks may be *coarse grained*, *medium grained*, or *fine grained*.

In many igneous rocks, especially *extrusive rocks*, the minerals are irregular in size, some being essentially larger than others. The larger-sized minerals are known as *porphyritic crystals*; the rock has a *porphyritic texture*. The *phenocrysts* may be of one or more minerals, and the *groundmass* may be *crystalline*, *hypocrystalline*, or *vitreous (glassy)*.

*Ophitic texture* is developed when *lath-shaped crystals* of a mineral occur as a *frame-work*, the spaces between the crystals being filled with one kind of *interstitial material*. This texture is frequently formed by the intergrowth of lath-shaped crystals of feldspar enveloped in augite, as in many *basalts*.

During the quick cooling of vitreous lavas there has been *contraction* in the glassy material, frequently resulting in the formation of concentric circular cracks and giving rise to *perlitic texture*. The unsuccessful attempts at crystallization of a magma result sometimes in round, incipient crystal forms, or *spherulites*,

ein Magma hingegen sehr rasch ab, so können sich in gewissen Fällen Kristalle nicht bilden. Es entsteht ein *natürliches Glas*. Das Gestein ist *vitrophyrisch*, wie *Obsidian*. Ein Magma mit hohem Kieselsäuregehalt wird eher zu einem Glas erstarrten als ein Magma mit geringem Kieselsäuregehalt, da kiesel-säurereiche Schmelzen viel viskoser sind. Glasige saure Gesteine sind daher viel häufiger, als glasige basische Gesteine. Besteht ein Gestein teils aus kristallinem, teils aus glasigem Material, so wird es *hypokristallin* genannt.

Zeigen die *Gemengteile* eines Gesteins gute *Kristallumgrenzung*, so nennt man sie *idiomorph*, zeigen sie keine Kristallumgrenzung, so nennt man sie *xenomorph* oder *allotriomorph*. Mineralien, die nur teilweise von Kristallflächen begrenzt sind, werden *hypidiomorph* genannt. Idiomorphe Kristalle sind meist *frühe Ausscheidungen* im Magma. Sie werden daher oft von der Restlösung *resorbiert* und erhalten unregelmässige Formen. Sie erleiden *Korrosion* und ihre Umgrenzung kann eine *Korrosionszone* zeigen.

Besteht ein Gestein aus relativ gleichmässig grossen Mineralien ohne Kristallumgrenzung, bezeichnet man es als *allotriomorph-körniges Gestein*. Zeigen die Mineralien teils Kristallumgrenzung, teils nicht, so wird das Gestein *hypidiomorph-körnig* genannt. Besteht das Gestein nur aus Mineralien mit Kristallumgrenzung nennt man es *panidiomorph-körnig*. Je nach der Grösse der Gemengteile unterscheidet man bei den *körnigen Gesteinen* zwischen *grobkörnigen*, *mittelkörnigen* und *feinkörnigen Gesteinen*.

In manchen Eruptivgesteinen, besonders in *Ergussgesteinen* haben die Mineralien ungleiche Grösse, einige sind wesentlich grösser als die anderen. Die grösseren Mineralien werden als *porphyrische Kristalle* bezeichnet und das Gestein hat *porphyrische Struktur*. Die *Einsprenglinge* können eine oder mehrere Mineralarten darstellen. Die *Grundmasse* kann *kristallin*, *hypokristallin* oder *glasig* sein.

*Ophitische Struktur* (*Intersertalstruktur*) ist in einem Gestein vorhanden, wenn *leistenförmige Kristalle* eines Minerals ein *Gerüstwerk* bilden, dessen Lücken durch eine *Zwischenklemmungsmasse* ausgefüllt werden. Diese Struktur entsteht häufig bei der Verwachsung von leistenförmigen Feldspäten mit Augiten in manchen *Basalten*.

In *glasigen Laven* fand während der raschen Abkühlung oft eine *Kontraktion* des glasigen Materials statt. Hierdurch entstehen manchmal konzentrisch rundliche Risse, die *perlitisches Struktur* verursachen. Bei den vergeblichen Kristallisationsversuchen eines solchen Magmas entstehen manchmal rundliche,

which may give the rock a *spherulitic texture*. The *microlites* in the spherulites are acicular, and radiate from the centre of the spherulites. *Crystallites*, *microlites*, and *skeleton crystals* are the result of incipient crystallization and may occur in vitreous, and in *devitrified*, rocks.

When two such minerals as quartz and felspar have crystallized simultaneously, and mutually enclose one another, a *graphic (granophyric) texture* is produced. A cross-section of the rock shows characters resembling semitic letters. If this texture is only on a microscopic scale, it is called *micrographic (microgranophyric) texture*.

#### JOINTING OF IGNEOUS ROCKS.

Rocks which show no jointing are referred to as being *massive*. If the igneous rock is parted into thin or thicker, more or less parallel, layers similar to sedimentary rocks, it is said to be *laminated* or *bedded*.

In *columnar jointing* the parting is commonly in the form of four-, five- or six-sided *pillars*, *columns*, or *stalks*. The columns are generally perpendicular to the *cooling surface*, and are well developed in many basalts as, for example, in Giant's Causeway, Ireland.

*Spheroidal jointing* is also common. The *spheroids (orbicules)* frequently break down by weathering in *concentric layers* ("exfoliation"). Many diabases and other rocks formed by *submarine effusions* show *loaf-like jointing*, or *pillow-jointing*, as, for example, in *pillow lavas*.

#### THE IGNEOUS ROCKS.

Some of the most important igneous rocks are included in the following :—

##### A. PLUTONIC ROCKS.

###### 1. Calc-alkali Series.

*Calc-alkali granite.*

*Calc-alkali syenite.*

*Diorite.*

*Gabbro.*

*Peridotite.*

beginnende Kristallformen<sup>o</sup> oder *Sphärolithe*. Durch sie kann das Gestein *sphärolithische Struktur* erhalten. In den Sphärolithen sind die *Mikrolithe* nadelförmig und radialstrahlig vom Mittelpunkt eines Sphärolithen angeordnet. *Kristallite*, *Mikrolithe* und *Skelettkristalle* sind das Ergebnis beginnender Kristallisation. Sie können in glasigen oder in *entglasten Gesteinen* entstehen.

Kristallisierten zwei Mineralien, wie Quarz und Feldspat gleichzeitig mit parallelen Achsen und schliessen sie sich gegenseitig ein, entsteht eine *schriftgranitische (granophyrische) Struktur*. Ein Schnitt durch das Gestein zeigt Formen, die semitischen Buchstaben vergleichbar sind. Hat diese Struktur nur mikroskopisches Ausmaß, wird sie *mikrogranophyrische Struktur* genannt.

#### ABSONDERUNG VON ERUPTIVGESTEINEN.

Gesteine, die keine Absonderung zeigen, werden als *massige Gesteine* bezeichnet. Ist ein Eruptivgestein in dünnere oder dickere, mehr oder weniger parallele Gesteinslagen, ähnlich den Schichten der Sedimentgesteine geteilt, so spricht man von *plattiger oder bankiger Absonderung*.

Bei der *säuligen Absonderung* erfolgt die Gliederung meist in vier- fünf- oder sechsseitige *Pfeiler*, *Säulen* oder *Stengel*. Die Säulen<sup>o</sup> stehen gewöhnlich senkrecht auf der *Abkühlungsfläche*. Sie sind besonders bei manchen Basalten gut entwickelt, so z.B. in Giants Causeway in Irland.

*Kugelige Absonderung* tritt ebenfalls manchmal auf. Die *Kugeln* zerfallen bei der Verwitterung häufig in *konzentrische Schalen*. Manche *untermeerisch* ergossenen Diabase und andere Gesteine zeigen *brotkäibartige Absonderung*, die auch als *Wollsackabsonderung* bezeichnet wird.

#### DIE ERUPTIVGESTEINE.

Im folgenden werden einige der wichtigsten Eruptivgesteine zusammengestellt :

##### A. TIEFENGESTEINE.

###### i. Kalkkalkalireihe.

*Kalkkalkaligranit.*

*Kalkkalkalisyenit.*

*Diorit.*

*Gabbro.*

*Peridotit.*

## 2. Alkali Series.

*Alkali granite.**Alkali syenite.**Nepheline (Eleolite) syenite.**Leucite syenite.**Essexite.**Theralite.**Ijolite*; with olivine, *Fasinite.**Fergusite*; with olivine, *Missourite.*

## B. DYKE ROCKS.

*Undifferentiated (aschistic) dyke rocks* which are essentially different from the related plutonic rocks only in their texture, are the following: *Granite porphyry*, *syenite porphyry*, *nepheline syenite porphyry*, *leucite syenite porphyry*, *diorite porphyrite*, *gabbro porphyrite*, *Essexite porphyrite*, *Theralite porphyrite*. Dyke rocks with predominating orthoclase are generally called *porphyries*; those with predominating plagioclase, *porphyrites*.

The *differentiated dyke rocks* are divided into an *aplitic series*, which are rich in *light constituents*; and into a *lamprophyric series*, rich in the *dark constituents*.

Some *aplitic dyke rocks* are: *Granite aplite*,<sup>o</sup> *Alsbachite* (*porphyritic aplite*), *Beresite* (*quartz-rich aplite*), *Groerudite*, *Bostonite*, *Gautcite*, *Tinguaite*, *Beerbachite* (*Gabbro aplite*) and others.

Some *lamprophyric dyke rocks* are: *Minette* (not to be confused with *Minette ores* of Lorraine), *Vogesite*, *Kersantite*, *Spessartite*, *Odinite*, *Malchite* and others."

## C. VOLCANIC ROCKS.

Corresponding to almost all plutonic rocks there are *eruptive (volcanic) rocks*. In middle Europe, throughout almost the whole of the Mesozoic period, there were no volcanic effusions; that is why *old volcanic rocks*, pre-Mesozoic, are distinguished from *young volcanic rocks*, post-Mesozoic. In Germany, different names were assigned to the old and young volcanic rocks, the chief difference between them being their *degree of weathering*. In countries outside middle Europe this division into older and younger volcanic rocks is not possible. Based on the above division, the chief volcanic rocks, with their related plutonic rocks, are as follows:

## 2. Alkalireihe.

*Alkaligranit.**Alkalisyenit.**Elaeolithsyenit.**Leuzitsyenit.**Essexit.**Theralith.**Ijolith*, mit Olivin *Fasinit*.*Fergusit*, mit Olivin *Missourit*.

## B. GANGGESTEINE.

*Ungespaltene (aschiste) Ganggesteine*, die sich von dem zugehörigen Tiefengestein im wesentlichen nur durch die Struktur unterscheiden, sind: *Granitporphyr*, *Syenitporphyr*, *Elaeolithsyenitporphyr*, *Leuzitsyenitporphyr*, *Dioritporphyr*, *Gabbroporphyr*, *Essexitporphyr*, *Theralithporphyr*. Ganggesteine mit vorherrschendem Orthoklas werden im allgemeinen als *Porphyre*, solche mit vorherrschendem Plagicklas als *Porphyrite* bezeichnet.

Die *Spaltungsgesteine* teilen sich in eine *aplitische Reihe*, in der die *hellen Gemengteile* angereichert sind, und in eine *lamprophyrische Reihe*, in der die *dunklen Gemengteile* angereichert sind.

Einige *äplitishe Ganggesteine* sind: *Granitapht*, *Alsbachit* (porphyrischer Aplit), *Beresit* (Quarzreicher Aplit), *Grogrudit*, *Bostonit*, *Gauteit*, *Tinguait*, *Beerbachit* (*Gabbroaplit*) u.a.

Einige *lamprophyrische Ganggesteine* sind: *Minette* (nicht mit den Minetteerzen Lothringens zu verwechseln), *Vogesit*, *Kersantit*, *Spessartit*, *Odinit*, *Malchit* u.a.

## C. ERGUSSGESTEINE.

Zu fast allen Tiefengesteinen gehören entsprechende *Ergussgesteine*. In Mitteleuropa fanden fast im ganzen Mesozoikum keine vulkanischen Ergüsse statt. Infolgedessen lassen sich hier *altvulkanische*, *praemesozoische*, und *jungvulkanische*, *nachmesozoische Ergussgesteine* unterscheiden. Sie wurden in Deutschland mit verschiedenen Namen belegt und unterscheiden sich hauptsächlich durch den *Verwitterungsgrad*. In anderen Ländern ausserhalb Mitteleuropas lässt sich diese Einteilung in ältere und jüngere Ergussgesteine nicht durchführen. Nach dieser Einteilung sind die wichtigsten Ergussgesteine mit den zugehörigen Tiefengesteinen die Folgenden:



	Corresponding Plutonic Rocks.	' Young Volcanic Rocks.	Old Volcanic Rocks.
A. CALC-ALKALI SERIES	Granite Syenite Diorite Gabbro  Peridotite	<i>Liparite, Rhyolite</i> <i>Trachyte</i> <i>Dacite, Andesite</i> <i>Basalt (Dolerite,</i> <i>Anamesite)</i> <i>Picrite</i>	<i>Quartz porphyry</i> <i>Quartz-free porphyry</i> <i>Porphyrite</i>  <i>Diabase, Melaphyre</i>
B. ALKALI SERIES	Alkali Granite  Alkali syenite Nepheline syenite Leucite syenite Essexite Iheralite  Ijolite  Fergusite	<i>Soda Liparite,</i> <i>Comendite</i> <i>Soda Trachyte</i> <i>Phonolite</i>  <i>Leucite phonolite</i> <i>Trachydolerite</i>  <i>Nepheline tephrite</i> <i>Nepheline basanite</i> <i>Nepheline basalt</i> <i>Nephelinite</i> <i>Limburgite</i> <i>Augitite</i> <i>Leucitite</i>	<i>Quartz keratophyre</i> <i>Keratophyre</i> <i>Rhomb porphyry</i>  <i>Essexite diabase</i>

	Entsprechende Tiefengesteine.	Jungvulkanische Ergussgesteine.	Altvulkanische Ergussgesteine.
A. KALKALKALI- REIHE	Granit Syenit Diorit Gabbro  Peridotit	<i>Liparit, Rhyolith</i> <i>Trachyt</i> <i>Dazit, Andesit</i> <i>Basalt (Dolerit,</i> <i>Anamesit)</i> <i>Pikrit</i>	<i>Quarzporphyr</i> <i>quarzfreier Porphyr</i> <i>Porphyrit</i>  <i>Diabas, Melaphyr</i>
B. ALKALIREIHE	Alkaligranit  Alkalisyenit Elaeolithsyenit Leuzitsyenit Essexit Theralith  Ijolith  Fergusit	<i>Na-Liparit,</i> <i>Comendit</i> <i>Na-Trachyt</i> <i>Phonolith</i>  <i>Trachydolerit</i>  <i>Nephelintephrit</i> <i>Nephelinbasalt</i> <i>Nephelinbasit</i> <i>Nephelinit</i> <i>Limburgit</i> <i>Augitit</i> <i>Leuzitit</i>	<i>Quarzkeratophyr</i> <i>Keratophyr</i> <i>Rhombenporphyr</i>  <i>Leuzitphonolith</i> <i>Essexitdiabas</i>

## CHAPTER XII.

### SEDIMENTARY ROCKS AND THEIR FORMATION.

The stages leading to the formation of sedimentary rocks are as follows: 1. The destruction of the old rock material. 2. Transport of the solid, or of the dissolved, materials of the destruction products. 3. Their deposition and precipitation, respectively. 4. Their consolidation.

The processes in operation in the destruction of rocks, and in the transport of rock-material, have already been described in pages 13 and 17.

#### DEPOSITION OF SEDIMENTARY ROCKS.

*Deposition* of the destruction products may take place *subaerially*, or under *water*. Deposition on *land* gives rise to *terrestrial sediments*; and in the sea, to *marine sediments*. The combined petrological and palæontological characters of a deposit are referred to as its *facies*.

Wind deposits material when its *rate of acceleration* is diminished. The most important wind-borne sediments are *dunes (sand-dunes)*. *Coastal, or shore-dunes*, formed on sea-coasts, are distinguished from *inland dunes* formed in the interior. The normal coastal dune has a gentler *slope* on the side on which the wind is stronger, *the windward side*, than on the side sheltered from the wind, *the leeward side*, which has a *steep slope*. The surfaces of dunes are generally *ripple-marked*; and the internal structure shows *diagonal- and cross-bedding*. *Loess* is an example of what was once a *wind-deposited sediment*; it is a fossil wind-deposit.

In *flowing-water* the material is deposited where the velocity is decreased as, for example, by lessening of *gradients*, by *river-curves*, *river-widenings*, and especially by *lakes* occurring in the river-course. Such lakes regulate the flow and clear the water of sediment. Deposits of sand and gravel; *sandbanks* and *gravel-banks*, *deltas*, etc., are formed by flowing water. If the

## KAPITEL XII.

### SEDIMENTGESTEINE UND IHRE BILDUNG.

Folgende Stufen führen zur Bildung eines Sedimentgesteins :  
1. Zerstörung des älteren Gesteinsmaterials, 2. Transport der festen oder in Lösung befindlichen Zerstörungsprodukte, 3. Ablagerung bzw. Ausfällung, 4. Diagenese.

Zerstörung und Transport des älteren Gesteinsmaterials sind auf Seite 14 und Seite 18 schon besprochen worden.

#### ABLAGERUNG DER SEDIMENTGESTEINE.

Die *Ablagerung* der Zerstörungsprodukte kann in *Luft* oder in *Wasser* vor sich gehen. Durch Ablagerung auf dem *Festlande* entstehen *terrestrische Sedimente*, durch Ablagerung im Meer *marine Sedimente*. Die Summe der petrographischen und paläontologischen Merkmale einer Ablagerung wird als *Fazies* bezeichnet.

Der Wind lagert das mitgeführte Material dort ab, wo die Schwerkraft die *Beschleunigung* übersteigt. Die wichtigsten Windsedimente sind die *Dünen*. Man unterscheidet zwischen *Küsten- oder Stranddünen*, die sich an den *Meeresküsten* bilden und *Binnen- oder Inlandsdünen*, die sich im Inneren des Landes finden. Eine normale Küstendüne besitzt eine den stärksten Winden zugekehrte *Luvseite* mit schwacher *Böschung* und eine im *Windschatten* liegende *Leeseite* mit steilem *Böschungswinkel*. Die Oberfläche der Dünen pflegt mit *Rippeln* bedeckt zu sein. Der innere Bau der Dünen wird ganz von *Diagonal- und Kreuzschichtung* beherrscht. Als fossiles äolisches Sediment wird der *Löss* angesprochen.

In *fließendem Wasser* wird Material ebenfalls dort abgelagert, wo die Schwerkraft die Beschleunigung der Teilchen übersteigt. Abgelagert wird also überall dort, wo die Fließgeschwindigkeit abnimmt, so bei Abnahme des *Gefälles*, an *Flusskurven*, *Flussausbuchtungen* und besonders in *Seen*, die von Flüssen durchzogen werden. Die letzteren können geradezu als Regulier- und Kläranstalten wirken. Es entstehen auf diese Weise Ablagerungen von Sand und Kies, *Sand- und Kiesbänke*,

the sea at *river-mouths* is not of considerable depth, deltas are formed; they are formed also at the mouths of rivers in *lake basins*. The coarse, sandy, also clayey material gives rise to a deposit that is *obliquely-bedded*.

The most important kind of deposition is the *sedimentation* effected in the sea. Near to where there is *decrease in the velocity* of the river, as it enters the sea, the salt in the sea-water plays an important role in the deposition of the finest material held in suspension. This finely divided river material becomes *flocculated*, and hence deposited as a sediment.

*Marine sediments* are divided, according to the kind of deposit, into the following groups:

Coastal, or Littoral facies	Shallow water deposits	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Shore deposits</li> <li>(b) Deposits on the continental shelf</li> </ul>
	Deposits in deep coastal areas	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Dark mud</li> <li>(b) Green mud, calcareous mud</li> </ul>
Deep-sea, or Pelagic facies	Deep-sea deposits	<ul style="list-style-type: none"> <li>Globigerina ooze</li> <li>Pteropod ooze</li> <li>Diatom ooze</li> </ul>
	Deposits of the abyssmal depths	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red clay and</li> <li>Radiolarian ooze</li> </ul>

#### INDURATION.

The term *induration*<sup>1</sup> denotes the consolidation of *loose products* into coherent rock as, for example, the change of sand into sandstone. In German usage the term "Diagenese" is generally, however, limited to *molecular* and *chemical changes* effected by the *depositing medium*, but the effects may, in some circumstances, continue for some time subsequent to the deposition of the sediments. "*Diagenetic*" changes are, in part, simple molecular changes and, in part, *due to crystallization*, as for example, the change of aragonite to calcite, and of *colloidal silica* to quartz. *Concretions* may also be formed by these changes.

<sup>1</sup> The English term "induration" does not correspond exactly to the German term "Diagenese," when the latter is used in a restricted sense. As used here, "induration" includes all processes which promote the hardening of rock-material, irrespective of whether the hardening processes are due to inherent changes in the sedimentary rock, or to changes due to external causes. Certain German authors also use the term "Diagenese" in this wide sense. Induration processes are included by some American authorities under "metamorphism."

*Deltas* usw. Fällt das Meer an den *Flussmündungen* nicht gleich zu bedeutender Tiefe ab, so kommt es hier, ebenso wie an den *Einnündungen* von Flüssen in ein *Seebecken* zu *Deltabilungen*. Das gröbere, sandige und auch viel schlammiges Material werden *schrägschichtig* abgelagert.

Die *Sedimentation* im Meer ist die wichtigste Ablagerungsart. Neben der *Geschwindigkeitsverminderung* beim Eintritt eines Flusses ins Meer spielt vor allem für das feinste, in den Flüssen *suspendierte Material* der Salzgehalt des Meeres für die Ablagerung eine bedeutende Rolle. Die fein verteilte *Flusstrübe* erleidet hierdurch *Ausflockung* und wird so sedimentiert.

Nach ihrem Ablagerungsort lassen sich die *marinen Sedimente* in folgende Gruppen einteilen.:

Küsten- oder Litoralfazies	Flachseeabsätze	{ a. Strandablagerungen b. Schelfablagerungen
	Absätze der tieferen Küstenzone	{ a. Dunkler Schlick b. Grünschlick, Kalkschlick
Tiefsee- oder pelagische Fazies	Ablagerungen auf Tiefseeschwellen	{ Globigerinenschlamm Pteropodenschlamm Diatomeenschlamm
	Ablagerungen der eigentlichen Tiefseemulden	{ Roter Tiefseeton und Radiolarienschlamm

#### DIAGENESE.

Der Begriff der *Diagenese*<sup>1</sup> bezeichnet die Verfestigung der *Lockerprodukte* zum Gestein, also z.B. die Umwandlung eines Sandes in Sandstein. Im deutschen Sprachgebrauch wird der Begriff der Diagenese jedoch im allgemeinen auf solche *molekularen* und *chemischen Umwandlungen* beschränkt, die das Gestein noch unter dem Einfluss der *Ablagerungsmediums* erfährt. Unter Umständen können diese Einflüsse allerdings noch eine gewisse Zeit nach der Entfernung des Sediments aus dem Ablagerungsmedium weiter wirken. Die *diagenetischen Umwandlungen* sind teils einfache Umlagerungen, teils *Umkristallisationen*. So kann sich bei der Diagenese z.B. Aragonit in Kalkspat umbilden oder *kolloidale Kieselsäure* kann zu Quarz kristallisieren. Auch *Konkretionen* können bei den diagenetischen Vorgängen gebildet werden.

<sup>1</sup> Der englische Begriff "induration" entspricht nicht vollkommen dem deutschen Begriff "Diagenese" im engeren Sinne. Der Begriff "induration" umfasst hier alle Vorgänge, die zur Erhärtung der Lockerprodukte führen, einerlei ob es sich um Umlagerungen innerhalb des Sediments oder um Zufuhr von aussen handelt. Gewisse deutsche Autoren gebrauchen allerdings auch "Diagenese" in dem erweiterten Sinne von "induration." Im amerikanischen Sprachgebrauch wird die Diagenese zur Metamorphose gerechnet.

## REPLACEMENT.

Rock material may be completely replaced by other material; this process is termed *replacement*. For example, the calcium carbonate of corals and shells may be replaced completely by silica; this substitution may be effected in such a manner that the structural characters are preserved even to the minutest details. In *petrified* (*fossilized*) wood, the organic material has been replaced by silica, or by calcium carbonate.

## CLASSIFICATION OF SEDIMENTARY ROCKS.

Two chief groups of *sedimentary rocks* are distinguished according as to whether the destruction products were carried as solids, or in solution:

1. *Clastic (fragmental) rocks*, which consist chiefly of the parts of the rock that were chemically only slightly changed, or unchanged.
2. *Precipitated and secreted sedimentaries*, which were deposited from the weathered material held in solution.

## CLASTIC ROCKS.

According to the *size of the grains*, clastic rocks are divided into *psephitic*-, *psammitic*-, and *pelitic*-rocks. Psephitic rocks are *coarse-grained*; psammitic rocks are *medium-grained*; and pelitic rocks *fine-grained*.

## LOOSE CLASTIC ROCKS.

**Pebbles, Sand, etc.** *Pebbles* are loose, coarse, fragments of rock more or less rounded by transport. *Gravel*, *grit*, and *coarse sand* are deposits of *rounded material* not so coarse-grained as pebbles. If the deposit is still finer-grained, it is known as *sand*. The finest *sand dust* is called *silt*. If a sand is very watery, it is spoken of as *quick-sand*. Dunes are formed of *blown sand*.

**Clay, Mud.** *Clay* and *mud* are so fine-grained that the constituents can no longer be distinguished *megascopically*. They consist, to some extent, of *colloidal compounds of alumina*. Frequently they contain chambered, or hollow, concretions (*septaria*). Distinction is made between a *fat clay*, which has an *unctuous* feel, and a *lean clay*, which is rougher, or more gritty, to the touch.

## VERDRÄNGUNG.

Werden die Bestandteile eines Gesteins vollkommen oder teilweise durch andere ersetzt, so wird dieser Vorgang *Verdrängung* genannt. So kann zum Beispiel das Calciumkarbonat von Korallen und Muscheln durch Kieselsäure ersetzt werden und dieser Ersatz kann so vor sich gehen, dass die primären Struktureigenschaften bis in die kleinste Einzelheit erhalten bleiben. In *fossilem Holz* wurde die organische *Material* unter Erhaltung der Struktur durch Kieselsäure oder durch Calciumkarbonat ersetzt.

## EINTEILUNG DER SEDIMENTGESTEINE.

Zwei Hauptgruppen von *Sedimentgesteinen* lassen sich unterscheiden, je nachdem, ob die Zerstörungsprodukte fest oder in Lösung fortgeführt wurden:

1. *Trümmersedimente* (*klastische Sedimente*), die im wesentlichen aus den mehr oder weniger chemisch veränderten oder unveränderten Gesteinstrümmern bestehen.
2. *Ausscheidungssedimente*, die *Ausfällungen* aus dem in *Lösung* befindlichen Verwitterungsmaterial vorstellen.

## TRÜMMERSEDIMENTE (KLASTISCHE SEDIMENTE).

Nach der *Korngrösse* können die Trümmersedimente in *Psephite*, *Psammite* und *Pelite* eingeteilt werden. *Psephite* sind *grobkörnig*, *Psammite* *mittelkörnig* und *Pelite* *feinkörnig*.

## LOCKERE TRÜMMERSEDIMENTE.

**Gerölle, Sande usw.** *Gerölle* sind lockere, durch den Transport mehr oder weniger gerundete, grobe Gesteinsbruchstücke. *Kies*, *Grus*, und *Grant* sind *Schottermassen*, die nicht so grobkörnig sind, wie Geröll. Sind sie noch feinkörniger werden sie als *Sand* bezeichnet. Feinster *Staubsand* wird *Schluff* genannt. Ist ein Sand stark mit Wasser durchtränkt, spricht man von *Schwimmsand*. Dünen entstehen aus *Flugsand*.

**Tone, Schlämme.** *Ton* und *Schlamm* sind so fein, dass ihre Gemengteile *makroskopisch* nicht mehr unterschieden werden können. Sie bestehen zum grossen Teil aus *kolloidalen Tonerdeverbindungen*. Manchmal enthalten sie gekammerte oder hohle Konkretionen (*Septarien*). Man unterscheidet *fetten Ton*, der sich *geschmeidig* anfühlt und *mageren Ton*, der sich *rauher* anfühlt.



*Marine clays and muds* are deposited chiefly in regions remote from the coast, and in *deep sea*; they also occur as *shallow-sea deposits*.

The clayey material of *shallow-sea* deposits is called *mud*; it often has a bluish colour (*blue mud*) due to organic material.

*Deep-sea muds*<sup>1</sup> are formed principally of the remains of organisms. *Globigerina ooze* is a deposit formed chiefly of the remains of *Globigerina*, the commonest of the *Foraminifera*. *Pteropod ooze* is calcareous and consists mainly of the shells of *Pteropods*. *Diatom ooze* is formed of the relics of microscopic plants called *Diatoms*, which build their *frame-work* of silica. The *red clay* of *deep-sea* deposits is derived mainly from volcanic dust and comminuted *pumice-stone* (*pumice*). *Radiolarian ooze* is formed chiefly of the siliceous remains of *Radiolaria*.

Terrestrial clays of the most diverse kinds are generally formed from the *residuum* of *weathered rocks*. Pure clay is called *kaolin*. *Bole* is a *ferruginous*, partly calcareous, clay. *Fuller's Earth* is a clay which is particularly absorbent to greases and oils. *Laterites* are very red, ferruginous, and colloidal decomposition products of tropical regions, consisting partly of clay and partly of *hydrates of alumina*. *Lean clays* are those poor in colloids. *Loam* is a clay which is yellowish, or brownish, due to *colloidal hydrated oxides of iron*, and is very impure. *Boulder clay* is of glacial origin. *Loess* consists of an admixture of very fine particles of quartz, homogeneous in size, with some lime and a little clay as binding material. It often contains *calcareous concretions* called, in German, "*Lösskindl*."<sup>2</sup> By *decalcification*, loess forms *loess-loam*. *Marl* is a mixture of clay and calcareous material.

The rock material lying loose on the surface is known as *soil*. The following different soils are distinguished: *clay soil* (*clayey soil*), *loamy soil*, *marly soil*, *limey soil*, *humic soil*, *marshy* (*boggy*) *soil*, and others.

#### CONSOLIDATED CLASTIC SEDIMENTARY ROCKS.

**Breccia.** A *breccia* consists of coarse angular fragments of rock cemented together. If the fragments have been deposited by ice agency, the rock may be called a *moraine-breccia*; if the material accumulated as a *scree*, it is a *scree-breccia*. *Fault-*

<sup>1</sup> The different deep-sea muds are included here although *Globigerina ooze* and *Pteropod ooze* are calcareous rocks, and *Diatomaceous ooze* and *Radiolarian ooze* are siliceous rocks.

**Marine Tone und Schlämme** werden besonders in küsten<sup>•</sup>ferneren Gebieten und in der Tiefsee abgelagert, kommen jedoch auch in manchen Flachseeablagerungen vor.

Die schlammigen Flachseeabsätze werden auch als *Schlick* bezeichnet. Der Flachseeschlamm hat häufig infolge organischer Beimengung bläuliche Farbe (*Blauschlamm*).

In den Tiefseeschlamm<sup>1</sup> finden sich vorwiegend Organismenreste. So ist *Globigerinenschlamm* eine Ablagerung, die hauptsächlich aus den Überresten von *Globigcrina*, der häufigsten *Foraminifere* besteht. *Pteropodenschlamm* ist kalkig und besteht vorwiegend aus den Schalen von *Pteropoden*. *Diatomeenschlamm* besteht aus den Überresten mikroskopisch kleiner Pflanzen, den *Diatomeen*, die ihr Gerüst aus Kieselsäure aufbauen. Der rote Tiefseeschlamm besteht hauptsächlich aus vulkanischem Staub und zerriebenem *Bimsstein*. *Radiolarienschlamm* wird hauptsächlich von den kieseligen Überresten von *Radiolaria* gebildet.

*Terrestrische Tone* bilden sich häufig als *Verwitterungsrückstand* der verschiedensten Art. Reine Tongesteine nennt man *Kaolin*. *Bolus* ist ein eischüssiger, zum Teil kalkiger Ton, *Walkerde* ist ein Ton, der Fette und Öle stark aufsaugt. *Laterit* sind lebhaft rote, eischüssige, kolloidale, teils tonige, teils aus *Aluminiumhydrat* bestehende Verwitterungsprodukte tropischer Gegenden. *Letten* sind magere, kolloidarme Tone. Als *Lehm* bezeichnet man einen durch kolloidales Eisenhydrat gelblich oder bräunlich gefärbten Ton, der stark verunreinigt ist. *Geschiebelehm* ist glazialen Ursprungs. *Löss* besteht aus gleichmässig äusserst feinem, mit Kalkteilchen durchsetztem Quarzstaub mit spärlichem tonigem Bindemittel. Häufig enthält er *Kalkkōnkretionen*, sog. *Lösskindl*. Durch *Entkalkung* von Löss entsteht *Lösslehm*. *Mergel* ist eine Mischung von Ton mit Kalk u.s.w.

Die oberste lockere Schicht der Erde wird als *Boden* bezeichnet. Nach der Mineralzusammensetzung unterscheidet man *Tonboden*, *Lehmboden*, *Mergelboden*, *Kalkboden*, *Humusboden*, *Moorboden* u.a.

#### VERFESTIGTE TRÜMMERSEDIMENTE.

**Breccien.** Eine *Breccie* (*Bresche*) besteht aus groben, eckigen miteinander verkitteten Gesteinsbruchstücken. Wurden die Bruchstücke durch Eistätigkeit abgesetzt, kann das Gestein *Moränenbreccie* genannt werden. Sammelte sich das Material

<sup>1</sup> Die Tiefseeschlämme werden hier im Zusammenhang besprochen, obwohl *Globigerinenschlamm* und *Pteropodenschlamm* zu den kalkigen, *Diatomeenschlamm* und *Radiolarienschlamm* zu den kieseligen Gesteinen gehören.

*breccias* and *fault-conglomerates*<sup>1</sup> are the result of the crushing of rock by faulting or thrusting. If the rock has been pulverized and rolled during thrusting movements, and has then consolidated into a fine-grained rock, it is called *mylonite*.<sup>2</sup>

**Conglomerates. Fanglomerates.** A *conglomerate* is a rock formed of rounded, or sub-rounded, fragments cemented together. The fragments have usually been rounded by running water, or by *wave-action* on ancient or modern sea- or lake-shores.

Some conglomerates have special names, for example, the Tertiary "*Nagelfluë*" of the *Alpine foot-hills*; the Eocene *pudding-stones* in England, and others.

*Fanglomerates* are formed on land in arid regions. They represent taluses that have been moved only a short distance, and consist of slightly rounded coarse, and fine material.

**Sandstones, etc.** *Sandstones* are *finer-grained* than conglomerates. They consist mainly of small, more or less rounded, glomer of quartz. The *cementing material* may be *argillaceous*, *calcareous*, *siliceous*, or *ferruginous*. When much iron is present in the cement the sandstone may be red, brown, yellow, or greenish in colour. When the colour is patchy, it is often called *mottled sandstone*.

A *quartzite* is harder and more compact than a sandstone. It may be formed under normal pressure and temperature conditions by *infiltration* of silica, or by metamorphism of a sandstone.

An *arkose* is a *coarse-grained* sandstone which contains a considerable amount of comparatively *fresh felspar*. The felspar has suffered very little alteration because the rock material has been consolidated near its original source, and geologically soon after the disintegration of the *parent rock*. Most arkoses have been deposited on land.

*Greywacke*, or *graywacke*, is a name applied to felspathic and somewhat coarse-grained sandstones which contain small fragments of other rocks; generally, they have a dark colour.

<sup>1</sup> The term "*Verwerfungskonglomerat*" is not used in Germany.

<sup>2</sup> The term "*Mylonit*" is used in Germany for sheared rock in which the fragments have been cemented together by new material, the fragments still retaining their angularity to some extent.

als *Gesteinsschutt*, wird es als *Schuttbreccie* bezeichnet. *Verwerfungsbreccien* entstehen ebenso wie *Verwerfungskonglomerate*<sup>1</sup> infolge einer Gesteinszerstörung bei Verwurf oder Überschiebungen. Wurde das Gestein während der Überschiebungsbewegungen zermahlen und abgerundet und dann zu einem feinkörnigen Gestein verkittet, wird es als *Mylonit* bezeichnet.<sup>2</sup>

**Konglomerate. Fanglomerate.** Ein *Konglomerat* ist ein Gestein, das aus runden oder gerundeten miteinander verkitteten Gesteinsbruchstücken besteht. Die Rundung der Bruchstücke erfolgte meist durch die Tätigkeit fließenden Wassers oder durch *Wellentätigkeit* an alten oder jungen Meeres- oder Seeufern.

Manche Konglomerate wurden mit besonderen Namen belegt, so z.B. die tertiäre *Nagelfluhe* des *Alpenvorlandes*, der eozäne *Puddingstein* Englands u.a.

*Fanglomerate* entstehen auf dem Festland in ariden Gebieten. Sie stellen wenig verfrachtete Schuttmassen vor und bestehen aus einem Gemenge wenig verrundeter grober und feiner Bestandteile.

**Sandsteine usw.** *Sandsteine* sind *feinkörniger* als Konglomerate. Sie bestehen vorwiegend aus mehr oder weniger gerundeten Quarzkörnchen. Das *Bindemittel* eines Sandsteines kann *tonig*, *kalkig*, *kieselig* oder *eisenschüssig* sein. Ist viel Eisen im Bindemittel eines Sandsteines vorhanden, so kann er rote, braune, gelbe oder grünliche Farbe zeigen. Ist die Farbe unregelmässig verteilt, so nennt man das Gestein häufig *Tiger-sandstein*.

Ein *Quarsit* ist härter und dichter als ein Sandstein; er kann unter normalen Druck- und Temperaturbedingungen durch *Zufuhr* von Kieselsäure gebildet sein oder er kann seine Entstehung der Metamorphose eines Sandsteines verdanken.

Eine *Arkose* ist ein meist *grobkörniger* Sandstein, der einen beträchtlichen Gehalt an verhältnismässig *frischem Feldspat* führt. Der Feldspat hat im allgemeinen sehr wenig Umwandlungen erlitten, da das Gestein nahe seinem Ursprung und geologisch bald nach der Zerstörung des *Ausgangsgesteins* verfestigt wurde. Arkosen wurden meist auf dem Festland abgelagert.

*Grauwacke* ist ein Name, der für feldspatführende, ziemlich grobkörnige Sandsteine, die noch Bruchstückchen anderer Gesteine enthalten, angewandt wird. Grauwacken haben meist dunkle Farbe.

<sup>1</sup> Der Ausdruck *Verwerfungskonglomerat* ist im Deutschen ungebräuchlich.

<sup>2</sup> Im Deutschen wird der Ausdruck *Mylonit* auf zerbrochene und durch neues Material verkittete Gesteine angewandt. Die Bruchstücke bleiben hierbei jedoch stets mehr oder weniger eckig.

• **Clayslate and Shale.** When a clay consolidates, it may change from a *shale* to *clayslate*. These latter rocks differ from others by their *cleavage* (*splitting*) along plane faces. They may be rich in *bitumen* or in *carbonaceous matter*; if they burn when lighted, they are called *combustible shales*. *Clay shales* are impure shales.

*Roofing slates* can be cleaved (split) with great ease into flat slabs; the very dark varieties are known, in Germany, as "Tafelschiefer" (table- or school-slates). *Slate pencils* split along two planes. *Alum shales* carry alum. *Hone-stones* are compact and particularly hard shales. All the foregoing rocks are transitional between sedimentary and metamorphic rocks.

#### SECRETED AND PRECIPITATED SEDIMENTARY ROCKS.

**Limestone.** *Calcareous rocks* are the result partly of *organic biochemical*, and partly of inorganic chemical, processes. Most calcareous rocks were formed from organic *secretions* and are composed of the altered, or partly altered, *remains* of animals and plants which built their *shells* and *skeletons* mainly of calcium carbonate. The organisms lived in *sea-water*, or in *fresh-water*, so that the rocks formed of their remains are of *marine*-, or of *fresh-water*, origin.

*Coral mud* and *coral sand* are formed around *coral islands*, and near coral reefs. *Coral rock* is a limestone formed mainly of the remains of *reef-building corals*. *Corals* (rock-building corals) can live only in sea-water that never falls in temperature below 20°C. *Coral reefs* are found chiefly in the *Indian Ocean* and in the western parts of the *Pacific Ocean*. There are three types, namely, fringing reefs, barrier reefs, and atolls. *Fringing reefs* are generally in visible connection with the land; *barrier reefs* are separated from the shore by *channels* and *lagoons*; and *atolls* are circular reefs enclosing lagoons.

*Shelly limestones* are made up of shells and shell fragments cemented together by calcium carbonate, and sometimes by a ferruginous cement.

*Crinoidal limestone* is built up of the rock-forming Crinoidea, which belong to the phylum *Echinoderma*.

*Chalk* is a fine-grained, comparatively soft rock composed essentially of calcium carbonate derived chiefly from minute

**Tonschiefer und Schiefertone.** Wird ein Ton verfestigt, so geht er über *Schieferton* in *Tonschiefer* über. Diese Gesteine zeichnen sich durch ihre *Spaltbarkeit* nach ebenen Flächen vor anderen Gesteinen aus. Sie können reich an *Bitumen* oder *kohligen Substanzen* sein. Brennen sie beim Anzünden, so bezeichnet man sie als *Brandschiefer*. *Schieferletten* sind unreine Schiefertone.

*Dachschiefer* lassen sich besonders leicht zu ebenen Platten spalten. Besonders dunkle Arten werden als *Tafelschiefer* bezeichnet. *Griffelschiefer* spalten nach zwei Ebenen. *Alaunschiefer* führen Alaun. *Wetzschiefer* haben dichtes Gefüge und sind besonders hart. Alle die letztgenannten Gesteinsarten stellen schon Übergänge zwischen sedimentären und metamorphen Gesteinen vor.

#### AUSSCHIEDUNGSSEDIMENTE.

**Kalke.** *Kalkige Gesteine* sind teils *organisch-biochemischer*, teils *anorganisch-chemischer* Entstehung. Der grössere Teil wird wohl durch *Ausscheidungen* von Organismen gebildet. Sie bestehen zum grossen Teil aus veränderten oder teilweise veränderten *Überresten* von Tieren und Pflanzen, die ihre *Schalen* und *Skelette* aus Calciumkarbonat aufbauen. Die Organismen lebten teils im *Meerwasser*, teils im *Süsswasser*. Die aus ihren Überresten gebildeten Gesteine sind daher teils *mariner Entstehung*, teils im *Süsswasser* gebildet.

*Korallenschlamm* und *Korallensand* werden in der Umgebung von *Koralleninseln* und in der Nähe von *Korallenriffen* gebildet. *Korallenkalk* wird hauptsächlich aus den Überresten *riffbildender Korallen* aufgebaut. *Korallen* können nur in *Meerwasser* leben, dessen Temperatur nie unter 20° fällt. *Korallenriffe* finden sich vorwiegend im *Indischen Ozean* und in den westlichen Teilen des *Pazifischen Ozeans*. Man unterscheidet drei Arten von *Korallenriffen*, nämlich *Saumriff*, *Wallriff* und *Atoll*. *Saumriffe* stehen gewöhnlich in sichtbarem Zusammenhang mit dem Land, *Wallriffe* sind vom Ufer durch *Kanäle* und *Lagunen* getrennt und *Atolle* sind kreisförmige Riffe, die *Lagunen* einschliessen.

*Muschelkalke* werden aus *Schalen* und *Schalenfragmenten* gebildet, die durch Calciumkarbonat und manchmal durch eischüssiges Bindemittel verkittet sind.

*Crinoidenkalke* werden von gesteinsbildenden *Crinoiden* gebildet, die zum Stamm der *Echinodermen* gehören.

*Kreide* ist ein feinkörniges, verhältnismässig weiches Gestein, das im wesentlichen aus Calciumkarbonat, das vorwie-

marine organisms. It is white, yellowish, or grey in colour, and generally free from *foreign material*.

Calcareous deposits of great extent may also be formed through the agency of *nitrifying bacteria*. In the neighbourhood of the equator, near Florida, enormous quantities of *denitrifying bacteria*, known as "*bacterium calcis*," are found. They decompose *nitrates* to form *ammonia* which can, by the addition of carbon dioxide, change into *ammonium bicarbonate*. This reacts with the *calcium sulphate* in sea-water, and *calcium carbonate* is deposited. Limestone formed in this way is *unfossiliferous*.

*Tufa* is the porous, or spongy, calcareous deposit formed around some *springs*. *Travertine* and *calc-sinter* are formed in a similar manner, but generally they are more compact, and usually lighter in colour, than *tufa*.

*Stalactites* are deposited from calcareous waters which, in dripping from the roof of *caves*, evaporate and precipitate calcium carbonate. *Stalactites* hang like icicles from *cave roofs*. *Stalagmites* are formed in a similar manner on the floors, and walls, of caves and *caverns*.

Most limestones have a *compact* or *finely-crystalline* texture. Many important deposits, however, possess an *oolitic structure* (or *oolitic texture*), that is, they are made up of small spheroidal or ellipsoidal grains resembling, in size and form, the roe of a fish. The *ovoids* (*oolitic grains*) have been formed by the deposition of successive spherical layers of calcium carbonate around a nucleus, in water saturated with lime. *Calcareous algæ* or *bacteria* have also been active agents in their formation.

*Pisolitic structure* is applied to a coarse-grained limestone in which the grains are about the size of a pea, as in *pisolite*.

**Dolomite.** *Dolomitic limestone* is a rock which contains both calcium carbonate and magnesium carbonate. *Dolomitization* is the term for the processes by which magnesium carbonate takes the place of part of the calcium carbonate in calcareous rocks. In some cases this was effected long after the formation of the limestone (*subsequent dolomitization*); in others, it occurred during the deposition of limestone (*contemporaneous dolomitization*). Under certain circumstances dolomite may lose its magnesium content, and revert to limestone; this process is called *dolomitization*.

**Siliceous Rocks.** *Quartzites* are compact sandstones in which the grains and the cementing material are of silica. In

gend von kleinsten marinen Organismen stammt, besteht. Das Gestein hat weisse, gelbe oder graue Farbe und ist gewöhnlich frei von *fremden Bestandteilen*.

Grosse Kalkablagerungen können auch durch die Tätigkeit von *Stickstoffbakterien* entstehen. In der Nähe des *Aquators* fand man bei Florida im Meerwasser enorme Mengen *denitrifizierender Bakterien*, die man *Bacterium calcis* nannte. Sie zerlegen *Nitrate* in *Ammoniak*, das seinerseits mit Kohlensäure *Ammoniumbikarbonat* bilden kann. Dieses reagiert mit dem *Calciumsulfat* des Meerwassers unter Bildung von Calciumkarbonat. Die auf diese Art gebildeten Kalke sind meist *fossilfrei*.

*Kalktuff* ist eine poröse oder *schwammige* kalkige Ablagerung, die sich um *Quellen* herum bilden kann. *Travertin* und *Kalksinter* sind ähnliche Bildungen, sind aber meist dichter und von hellerer Farbe.

*Stalaktiten* werden aus kalkigen Wässern gebildet, die vom Dach in *Höhlen* heruntertropfen, verdunsten und Calciumkarbonat absetzen. *Stalaktiten* hängen wie Eiszapfen vom *Höhlendach* herunter. *Stalagmiten* werden auf dieselbe Art auf dem Boden und an den Wänden von Höhlen und *Höhlungen* gebildet.

Die meisten Kalkablagerungen sind ihrer Struktur nach *dicht* oder *feinkristallin*. Viele bedeutende Ablagerungen besitzen jedoch *oolithische Struktur*, das heisst sie bestehen aus kleinen rundlichen oder elliptischen Körnchen, die in Grösse und Form mit dem Roggen eines Fisches vergleichbar sind. Die *Ovoide* entstehen durch die Bildung aufeinanderfolgender sphärischer Lagen von Calciumkarbonat um einen Kern in Wasser, das mit Kalk gesättigt war. *Kalkalgen* oder *Bakterien* mögen bei der Bildung ebenfalls gewirkt haben.

Haben die Körner die Grösse einer Erbse, oder sind sie noch etwas grösser, so spricht man von *pisolithischer Struktur*, wie sie z.B. *Erbsenstein* zeigt.

**Dolomite.** *Dolomitischer Kalk* ist ein Gestein, das sowohl Calciumkarbonat, als auch Magnesiumkarbonat enthält. Als *Dolomitisierung* werden Vorgänge bezeichnet, durch die Magnesiumkarbonat einen Teil des Calciumkarbonates in kalkigen Gesteinen ersetzt. Dieser Vorgang findet entweder lange nach der Bildung des Kalkes statt (*subsequente Dolomitisierung*) oder unmittelbar im Zusammenhang mit der Bildung des Kalkes (*syngenetische Dolomitisierung*). Unter gewissen Bedingungen kann ein Dolomit seinen Magnesiumgehalt wieder verlieren und sich in einen Kalk zurückbilden. Dieser umgekehrte Vorgang wird als *Entdolomitisierung* bezeichnet.

**Kieselgesteine.** *Quarzite* sind dichte Sandsteine, bei denen die Körner und das Bindemittel aus Kieselsäure bestehen. In



some quartzites the silica subsequently added is deposited in orientation with the grains of quartz to form a *crystallized sandstone*.

*Cherts* are compact, microcrystalline rocks consisting mainly of quartz and chalcedony. *Radiolarian cherts (radiolites)* contain radiolaria. *Lydian stone* is a chert which is dark-coloured, due to carbonaceous material.

*Siliceous rocks* may also be formed by the *silicification* of limestone, or of other rocks. *Flints* are nodules and irregular concretions of siliceous material formed in chalk.

*Siliceous sinter* is a siliceous deposit from springs. *Diatomaceous earth* ("*Kieselgur*," "*Kieselguhr*") consists of small, microscopic relics of diatoms in the form of opal. *Infusorial earth (Tripolite, Tripoli earth, "polishing earth")* is diatomaceous earth which occurs very thinly bedded.

**Rock Salts.** *Salt deposits* can be formed by the *evaporation* of large bodies of *salt-water* under arid conditions. The Permian salt-beds of Central Germany contain an almost complete suite of the products resulting from the *desiccation* of the waters of ancient *sea-basins*. The most important salts in the Stassfurt deposits of Central Germany are gypsum, anhydrite, and a series of chlorides and sulphates of sodium, potassium, calcium, and magnesium. The *potassium-magnesium salts* of the *mother-liquor* are known in Germany as "*Abraumsalz*"; formerly they were held to be worthless, and in the *recovery* of rock-salt they were discarded. To-day they are the most valuable part of the deposit.

Many salt deposits are formed also in *salt-lakes* in *isolated basins* in arid regions. *Borax-lakes* contain chiefly borax and colemanite. *Soda-lakes* contain soda, thermonatrite, trona, Gay-Lussite, and other salts. In *sulphate lakes*, glauber salt (mirabelite) is chiefly precipitated. Some lakes, rich in sulphates, contain "*bitter*" salts (epsomite, epsom salt), and are hence called "*Bitter*" lakes.

In *desert regions*, where *rainfall* is practically absent, the *sun's heat* and the dry atmosphere cause the water held in the rocks by *capillary attraction*, to be drawn to the surface. This water carries with it soluble salts, chiefly of sodium and magnesium, which become deposited on the rock surface, forming *efflorescences* of various kinds. In this way were formed what is known in Germany as "*Steppenalk*" ("*quilt*" limestone) and "*Wüstenlacke*" (desert "*varnish*"). \ e

manchen Quarziten wächst die später zugeführte Kieselsäure an den alten Quarzkörnchen orientiert weiter. Es entstehen *Kristallsandsteine*.

*Kieselschiefer* sind dichte, mikrokristalline Gesteine, die hauptsächlich aus Quarz und Chaledon bestehen. *Radiolarite* enthalten Radiolarien. *Lydit* ist ein durch kohlige Substanzen schwarz gefärbter Kieselschiefer.

*Kieselgesteine* können auch durch eine *Verkieselung* von Kalken oder anderen Gesteinen entstehen. *Feuerstein* werden Knollen und unregelmässige Konkretionen von kieseligem Material in der Kreide genannt.

*Kieselsinter* ist ein kieseliger Quellabsatz. *Kieselgur* (*Diatomeenerde*) besteht aus mikroskopisch kleinen Skeletten aus Opal von Diatomeen. *Polierschiefer* und *Tripel* ist Kieselgur mit deutlicher dünner Schichtung.

**Salzgesteine.** *Salzlagerstätten* können durch *Eindampfen* grosser Mengen von *Salzwasser* unter ariden Bedingungen entstehen. Die permischen Salzlagerstätten in Mitteldeutschland enthalten eine nahezu vollständige Folge von Produkten, die durch *Austrocknen* des Wassers eines ehemaligen *Meeresbeckens* entstehen können. Die wichtigsten Salze, die in den Lagerstätten von Stassfurt in Mitteldeutschland auftreten sind Gips, Anhydrit, Steinsalz und eine Reihe von Chloriden und Sulfaten von Natrium, Kalium, Calcium und Magnesium. Die *Kaliummagnesiumsalze* der *Mutterlauge* werden hier auch als *Abraumsalze* bezeichnet, da sie früher als wertlos galten und bei der *Erschliessung* des Steinsalzes abgeräumt werden mussten. Heute sind sie die wertvollsten Teile der Lagerstätten.

Zahlreiche Salzausscheidungen entstehen auch in *Salzseen* in *abflusslosen Wannen* arider Gebiete. *Boraxseen* führen hauptsächlich Borax und Colemanit. *Naatronseen* enthalten Soda, Thermonatrit, Trona, Gaylussit u.a. In *Sulfatseen* wird vorwiegend Glaubersalz ausgeschieden. Manche Sulfatseen enthalten Bittersalz und werden dann als *Bitterseen* bezeichnet.

In *Wüstengebieten*, wo *Regenfall* die meiste Zeit praktisch fehlt, veranlasst die *Sonnenwärme* und die trockene Atmosphäre das durch *kapillare Kräfte* in Gestein festgehaltene Wasser, an die Oberfläche hochzusteigen. Dieses Wasser ist mit gelösten Salzen beladen, besonders mit solchen von Natrium, Magnesium und Calcium. Diese Salze werden an der Oberfläche abgesetzt und bilden *Ausblühungen* der verschiedensten Art. *Steppenkalke*, *Wüstenlacke*, usw. können auf diese Art und Weise entstehen.

## KAUSTOBIOLITES.

Rocks of organic origin are generally called "*Biolith*" (*biolites*) in Germany. If they are combustible, they are called "*Kaustobiolithe*" (*kaustobiolites*); if not, they are called "*Akaustobiolithe*" (*akaustobiolites*). The *kaustobiolites* are divided into *Sapropel* rocks (jelly-like carbonaceous slimes); "*Humusgesteine*" (humus-rich rocks) and "*Liptobiolithe*" (*liptobiolites*). *Sapropel* rocks are formed by *putrefaction*; "*Humusgesteine*" by *rotting*, as in peat-formation; and "*Liptobiolithe*" are the residues left after *decay* as, for example, *amber*.

**Carbonaceous Rocks.** *Coal* is formed from the remains of plants by partial decomposition; this process is known as *carbonization*. Bituminous coal contains a higher percentage\* of carbon, and a lower percentage of water and *ash*, than peat and lignite. There is a more or less progressive increase in the carbon content, and a corresponding decrease in the oxygen content, during carbonization.

*Peat* is a dark-brown, to black, carbonaceous deposit showing easily recognizable *plant structure*. It is formed by the partial carbonization of vegetable matter, chiefly in *marshy areas* and particularly in *bogs*, under temperate and cold climatic conditions. Distinction is made in Germany between *low-lying bogs and marshes*, where vegetation is luxuriant, and *high moorland* well above the ground-water level, where only dry moss flora grows. Intermediate in elevation between bogs and high moorland is what is termed in German "*Zwischenmoor*."

*Lignite* or *brown-coal* is a soft, impure coal intermediate in composition between peat and bituminous coal. Like peat, lignite shows *woody-structure*, but it is generally harder and more compact than peat. It is, however, softer and has a lower specific gravity, than bituminous coal.

*Bituminous coal* is black and lustrous; it burns with a bright but smoky flame, and contains a good deal of *bituminous matter*, or *hydrocarbons*.

*Anthracite* is harder and more highly lustrous than bituminous coal; a lump of it will not soil the fingers when handled. It contains the highest content of carbon, and the lowest *content of volatiles*, of any kind of coal.

*Cannel coal* is a compact, dull variety of coal which burns with a candle-like flame; it is used in the manufacture of *coal-gas*. The material from which *cannel coal* is formed is mostly small *water-organisms*.

## KAUSTOBIOLITHE.

Gesteine organischen Ursprungs werden in Deutschland als *Biolithe* bezeichnet. Sind sie brennbar, so bezeichnet man sie als *Kaustobiolithe*, brennen sie nicht, so nennt man sie *Akaustobiolithe*. Die Kaustobiolithe werden in *Faulschlamm* (*Sapropel*)-Gesteine, *Humusgesteine* und *Liptobiolithe* eingeteilt. Faulschlamm entsteht durch *Fäulnis*, Humus durch *Vermoderung* oder *Vertorfung*, und die Liptobiolithe sind die Überreste der *Verwesung*, wie z.B. *Bernstein*.

**Kohlengesteine.** *Kohle* wird hauptsächlich aus Pflanzen durch teilweise Zersetzung (Humusbildung) gebildet. Der Vorgang wird *Inkohlung* genannt. Steinkohle enthält einen höheren Prozentgehalt an Kohlenstoff und geringeren Gehalt an Wasser und *Asche* als Torf und Braunkohle. Wir haben bei fortschreitender Inkohlung ein mehr oder weniger stetiges Anwachsen im Gehalt von Kohlenstoff und ein entsprechendes Abnehmen im Gehalt an Sauerstoff.

*Torf* ist eine dunkelbraune bis schwarze kohlige Ablagerung, mit deutlicher *Pflanzenstruktur*, die durch eine teilweise Inkohlung pflanzlichen Materials entstanden ist. Torf bildet sich vorwiegend in *sumpfigen Gebieten*, besonders in *Mooren* unter gemässigten oder kalten Klimabedingungen. Man unterscheidet *Flachmoore* mit üppiger Vegetation und *Hochmoore*, die über dem Grundwasserspiegel liegen und nur eine dürftige *Moosflora* enthalten. Zwischen beiden steht das *Zwischenmoor*.

*Lignit* oder *Braunkohle* ist eine weiche, unreine Kohle, die in ihrer Zusammensetzung zwischen Torf und Steinkohle steht. Ebenso wie Torf zeigt Lignit *Holzstruktur*, ist aber gewöhnlich härter und dichter als Torf. Lignit ist jedoch weicher und hat geringeres spezifisches Gewicht, als Steinkohle.

*Steinkohle*, ist schwarz und glänzend. Sie brennt mit heller, aber russiger Flamme und enthält meist noch ein gutes Teil *bituminöser Bestandteile* oder Kohlenwasserstoffe.

*Anthrazit* ist härter und glänzender als Steinkohle; ein Stück von ihm beschmutzt die Finger beim Anfassen nicht. Er führt von allen Kohlen den höchsten Gehalt an Kohlenstoff und den geringsten Gehalt an *flüchtigen Bestandteilen*.

*Kannelkohle* (*Mattkohle*) ist eine dichte, matte Abart der Kohle, die mit kerzenartiger Flamme brennt. Sie wird zur Gewinnung von *Kohlengasen* verwandt. Das Ausgangsmaterial sind kleine *Wasserorganismen*.

Coal usually occurs in *beds*, or *seams*, separated from one another by beds of clay, shales, and sandstones. Beneath the beds of coal, in some cases, there are beds of *fire-clay*, that is, a clay capable of withstanding high temperatures.

**Bitumen, Petroleum.** *Bitumen* is a general term which includes mixtures of *hydrocarbons* which are mobile like *petroleum*, viscous like *natural tar*, and more or less solid substances like *asphalt* (*asphaltic bitumen*).

In some cases, the material in which *bitumenization* is effected contains water-organisms which are rich in fatty material. They build up, at the bottom of small *pools*, deposits formed by putrefaction and called *sapropel* ("putrid mud"). Fossiliferous, but still *slimy*, sapropel is called *saprockol*. In most cases, saprockol is mixed with other rock material to form *bituminous rocks*. If a shale is highly bituminous, it constitutes an *oil shale*. If the bituminous material has migrated from its source rock, such products as *petroleum*, *naphtha*, *natural tar*, *asphalt*, and others may occur in economic quantities.

*Petroleum* (*mineral oil*) occurs in *oilfields*, generally in anticlinal formations. It is the raw material from which *petrol* (*gasoline*, *benzine*) and related products like *lubricating* oils (heavy oils), *vaselines*, etc., are obtained

*Seepages* of *natural gas* frequently occur in relation to oilfields.

Kohlen kommen gewöhnlich in *Lagern* oder *Flözen* vor, die durch Schichten, von Tonen, Schiefern und Sandsteinen voneinander getrennt sind. Unter den Kohlenflözen finden sich manchmal Lager von *feuerfesten Tonen*, die hohen Temperaturen widerstehen können.

**Bituminöse Gesteine, Erdöl.** *Bitumen* ist ein Sammelbegriff, welcher bewegliche Verbindungen von *Kohlenwasserstoffen*, wie *Petroleum*, zähflüssigem Material, wie *natürlichen Teer* und mehr oder weniger feste Substanzen, wie *Asphalt* umfasst.

Das Ausgangsmaterial der *Bituminierung* sind *fettreiche Wasserorganismen*. Sie bilden am Boden kleiner *Tümpel* durch Fäulnis entstandene Ablagerungen, den *Faulschlamm* (*Sapropel*). Fossiler, noch *gallertiger* Faulschlamm wird *Saprokoll* genannt. Meist ist diesem Faulschlamm noch anderes Gesteinsmaterial beigemischt. Es entstehen hierdurch die *bituminösen Gesteine*. Enthält ein Tonschiefer viel Bituminas, so kann ein *Ölschiefer* entstehen. Wandern die Bituminas aus dem ursprünglichen Gestein aus, so können abbauwürdige Vorkommen von *Petroleum*, *Naphta*, *Bergteer*, *Asphalt* und anderen Produkte entstehen.

Das *Erdöl* kommt in *Ölfeldern* vor und nimmt hier gewöhnlich die *Sattelzonen* der Gesteine ein (*Öllinien*). Erdöl ist das Rohmaterial des *Benzins* und zahlreicher weiterer Nebenprodukte, wie *Schmieröle*, *Vaseline* usw.

Im Zusammenhang mit *Ölfeldern* finden sich manchmal *Quellen* von *Erdgas*.

## CHAPTER XIII.

### METAMORPHIC ROCKS AND THEIR FORMATION.

All the changes which rocks undergo after they have been formed are, in a sense, *metamorphic changes*. In petrological literature, however, the term *metamorphism* is generally limited to changes effected by increase of temperature, or of pressure, or of the two together.

Many petrologists draw distinction between changes which occur in pre-existing rock by increase of pressure and temperature, without the addition of material from outside, and changes produced with the aid of material from sources outside the rock itself. The term *metamorphism* is used for the former changes, and *metasomatism*<sup>1</sup> for the latter. The two processes, however, cannot in general be separated sharply from one another, for in most cases of metamorphism some material was derived from sources outside the rock which has been metamorphosed.

Metamorphism, in one sense, can therefore be described as the change in pre-existing rock, whether of sedimentary or igneous origin, by development of new minerals, new structures or textures, due to the effect of increases in temperature, or pressure, or both. Generally speaking, the development of new minerals is chiefly the result of increased temperature; new structures, the result of increase of pressure. Intense pressure, however, results in the *evolution of heat* due to *friction*, so that new structures and the formation of new minerals, generally occur together.

The changes effected mainly by increase of temperature are referred to under the term, *thermal (contact-) metamorphism*; those due chiefly to pressure effects come under the terms, *regional metamorphism* and *dynamic metamorphism*.

<sup>1</sup> Specific metasomatic replacements are not included under "metamorphism" in Germany and in England, but they are so included by some American authorities.

## KAPITEL XIII.

### METAMORPHE GESTEINE UND IHRE BILDUNG.

In gewissem Sinne sind alle Umwandlungen, die ein Gestein nach seiner Bildung erleidet, *metamorphe Umwandlungen*. Im petrographischen *Schrifttum* wird im allgemeinen der Begriff der *Metamorphose* auf solche Umwandlungen beschränkt, die durch das Anwachsen von Druck oder Temperatur oder beiden gemeinsam hervorgerufen werden.

Manche Petrographen unterscheiden zwischen Umwandlungen, die in präexistierenden Gesteinen durch einfache Druck- und Temperaturerhöhung ohne Materialzufuhr von aussen stattfanden und zwischen den Umwandlungen, die durch Materialzufuhr aus Quellen von ausserhalb des umgewandelten Gesteins selbst verursacht werden. Die erstgenannten Umwandlungen fassen sie unter dem Begriff der Metamorphose, und die letztgenannten unter dem Begriff der *Metasomatose*<sup>1</sup> zusammen. Beide Vorgänge sind jedoch im allgemeinen nicht vollkommen scharf voneinander zu trennen, da auch bei der Metamorphose meist Material von ausserhalb des metamorphosierten Gesteins zugeführt wird.

Metamorphose im engeren Sinne kann also die Umwandlung eines präexistierenden Gesteins, entweder eines Sedimentgesteins oder eines Eruptivgesteins, genannt werden, durch die infolge Anwachsens von Temperatur und Druck oder beidem neue Mineralien, neue Texturen und Strukturen entstehen. Im allgemeinen entstehen durch Temperaturerhöhung im wesentlichen neue Mineralien, durch Druckerhöhung im wesentlichen neue Texturen. Starker Druck verursacht jedoch durch *Reibung* stets *Wärmeentwicklung*, so dass Mineralneubildung und Gefügeumbildung meist zusammen auftreten.

Umwandlungen, die vorwiegend durch das Anwachsen der Temperatur hervorgerufen werden, werden unter dem Begriff der *Thermometamorphose* zusammengefasst, Umwandlungen, die hauptsächlich unter dem Einfluss des Druckes entstanden, werden unter den Begriffen der *Regionalmetamorphose* und *Dynamometamorphose* zusammengefasst.

<sup>1</sup> Die eigentlichen metasomatischen Verdrängungen werden in Deutschland und in England nicht zur Metamorphose gerechnet, von manchen amerikanischen Autoren werden sie jedoch hierher gestellt.



- The simplest kind of metamorphism in sedimentary rocks is their *hardening*, or *induration*,<sup>1</sup> either by the infiltration of cementing material, or by pressure.

#### CONTACT- (THERMAL-) METAMORPHISM.

A surface lava-flow has a metamorphic effect on the underlying rock, which becomes *dehydrated* and *indurated*. The amount of change depends on the mass of the lava and its temperature, as well as on the nature of the underlying rock.

*Magmatic intrusions* which give rise to large *intrusive bodies* show well-marked effects of *contact metamorphism* in the *metamorphic aureole*, that is, in the rocks in the immediate vicinity of the intrusion. The metamorphic effects of igneous intrusions, due to their much slower rate of cooling, are considerably more marked than those of *surface lava*. The intensity of metamorphism depends largely on the nature of the magma and of the surrounding rocks. Acid magmas, for example, have far greater metamorphic effects, in general, than basic magmas.

If the rocks intruded by the magma are pure sandstones or limestones, the metamorphic effect is usually much simpler than in the case of impure clays and shales. In the case of the former there is, essentially, only *granular crystallization*; pure sandstones are metamorphosed into *quartzites*, and pure limestones into *marble*. Impure limestones are metamorphosed into *crystalline limestones*, or *calc-silicate rocks*, due to the formation of new *contact minerals* like wollastonite, tremolite, actinolite, etc.

If the metamorphic aureole was originally occupied by clays, shales, and clay-slates, new minerals are formed at the contact, such as andalusite, chiastolite, cordierite and others. The degree of metamorphism varies with the distance from the *contact*, hence the *contact-zone* shows a *zonal arrangement* of different metamorphic rocks round the intrusive rock. Nearest to the contact is *hornfels*; then follow "*Garbenschiefer*" (a spotted rock in which the spots resemble caraway seeds); "*Fruchtschiefer*" (in which the spots resemble ears of corn); "*Fleckschiefer*" (a rock with minute spots); *Knotenschiefer* (a spotted rock, knotted slate, in which individual minerals can be recognized); then follow the unchanged clay-slates.

<sup>1</sup> "Diagenese" is not considered in Germany as part of metamorphism. The term is used there, however, to include processes which come under the English term "induration" (see page 141).

Die einfachste Art der Metamorphose von Sedimentgesteinen ist ihre *Erhärtung* oder *Diagenese*<sup>1</sup>, entweder durch die Zufuhr von Bindemittel oder durch Druck.

#### THERMOMETAMORPHOSE (KONTAKTMETAMORPHOSE).

Ein oberflächlicher Lavenerguss hat einen metamorphen Einfluss auf die unterlagernden Gesteine, die *entwässert* und *erhärtet* werden. Das Ausmaß der Umwandlung hängt von der Masse der Lava, ihrer Temperatur und ferner von der Art des unterlagernden Gesteins ab.

*Magmenintrusionen*, bei denen grosse *Intrusivkörper* entstehen, zeigen besonders deutliche *kontaktmetamorphe Einflüsse* in der *metamorphen Aureole*, das heisst an den Gesteinen der unmittelbaren Umgebung der Intrusion. Die metamorphen Einflüsse magmatischer Intrusionen sind entsprechend der viel langsameren *Abkühlung* wesentlich deutlicher, als die von *Oberflächenlaven*. Das Ausmaß der metamorphen Umwandlung hängt auch hier von der Natur des Magmas und der Natur des umgebenden Gesteins ab. Im allgemeinen haben z.B. saure Magmen viel stärkere Einflüsse auf die umgebenden Gesteine, als basische Magmen.

Sind die Gesteine, in die das Magma eindringt, reine Sandsteine oder Kalke, so ist die metamorphe Umwandlung im allgemeinen sehr viel einfacher, als bei unreinen Gesteinen. Sie besteht hier im wesentlichen in einer *Kornvergrößerung* (*Sammelkristallisation*). Reine Sandsteine werden in *Quarzite*, reine Kalke in *Marmore* metamorphosiert. Unreine Kalke werden unter Neubildung von *Kontaktmineralien*, wie Wollastonit, Tremolit, Aktinolith usw. in *kristalline Kalke* oder *Kalksilikate* umgewandelt.

Besteht die metamorphe Aureole aus Tonen, Schiefertönen oder Tonschiefern, so kommt es im Kontakt zu einer Neubildung von Mineralien, wie Andalusit, Chiasolith, Cordierit u.a. Das Ausmaß der Metamorphose nimmt mit der Entfernung vom Kontakt ständig ab. Die *Kontaktzone* zeigt infolgedessen eine *zonenförmige Anordnung* verschiedener metamorpher Gesteine rund um das Intrusivgestein. Zunächst am Kontakt kommen dichte *Hornfelse*, dann folgen *Garbenschiefer*, *Fruchtschiefer*, *Fleckschiefer*, *Knotenschiefer*, auf die dann die unveränderten Tonschiefer folgen.

<sup>1</sup> Diagenese wird im deutschen Sprachgebrauch nicht zur Metamorphose gerechnet. Der Begriff wird auch etwas anders gefasst, als in den oben angegebenen englischen Sinne (vergl. Seite 142).

When an igneous rock is traversed by a later igneous intrusion, the metamorphic effect, in general, is not so marked as in the case of a sedimentary rock that has been so traversed. An *undecomposed* acid igneous rock suffers very little change, but a *decomposed* acid rock, which has later been subjected to intrusion, shows at the contact some metamorphic effect.

Basic igneous rocks are more *susceptible* to metamorphism than acid igneous rocks. In the former, as the effect of metamorphism, pyroxenes may be converted to amphiboles (*uralitization*) or into biotite; chlorite into hornblende, or into biotite; zeolites into feldspars, etc. The changes are especially marked if the basic rock had suffered decomposition previous to the later intrusion.

### REGIONAL METAMORPHISM.

*Regional metamorphism* is effected in rocks which are under a thick cover of superimposed rocks; it is due to increase in pressure and temperature. The increase in temperature is essentially the result of the rise of the *geoisotherms* in deep zones of the earth. *Regional metamorphism* specially occurs in *geosynclines*, where great thicknesses of sediments are deposited in *sinking areas*.

### DYNAMIC METAMORPHISM.

*Dynamic metamorphism* denotes the change which a rock undergoes as the result of *mountain-building* movements. Predominant in this process is lateral pressure in one direction.

It is as the result of regional and dynamic metamorphism that *crystalline schists* are generally formed.

### FACTORS IN OPERATION IN METAMORPHISM.

Pressure and temperature are the two chief *factors in operation* during metamorphism. When pressure is the predominant factor, the minerals formed are those with high specific gravity (*small molecular volume*); when temperature is predominant, those with low specific gravity (*large molecular volume*). Hence, pressure and temperature are in opposition in the formation of minerals, and this explains the great variation in mineral *paragenesis* in metamorphosed rocks.

Two different kinds of pressure are in operation during metamorphism: 1. *Hydrostatic (directionless) pressure*. 2. *Stress, directional pressure*, that is, pressure from all sides, but mainly from one direction.

Wird ein Eruptivgestein durch eine spätere Intrusion durchbrochen, so sind die metamorphen Umwandlungen im allgemeinen nicht so stark, wie im Falle der Intrusion in Sedimentgesteine. Ein *unverwittertes* saures Eruptivgestein erleidet im Kontakt nur ganz geringe Veränderungen. *Verwitterte* saure Gesteine werden jedoch im Kontakt mehr oder weniger beeinflusst.

Basische Eruptivgesteine sind *empfindlicher* für die Metamorphose als saure. In ihnen können durch die Metamorphose Augit in Hornblenden (*Uralitisierung*) oder in Biotit umgewandelt werden; Chlorit kann in Hornblende oder Biotit, Zeolithen können in Feldspäte umgewandelt werden usw. Die Umwandlungen sind dann besonders deutlich, wenn das basische Gestein vor der späteren Intrusion schon Verwitterung erlitten hat.

### BELASTUNGSMETAMORPHOSE (REGIONALMETAMORPHOSE).

*Belastungsmetamorphose* findet in Gesteinen statt, die unter einer mächtigen Decke von überlagerndem Gestein liegen. Hierbei wachsen Druck und Temperatur an. Die Temperaturerhöhung beruht im wesentlichen auf dem Anwachsen der *Geoisothermen* in tieferen Erdzonen. *Regionalmetamorphose* findet besonders in *Geosynklinalen* statt, wo grosse Sedimentmächtigkeiten in *absinkenden Gebieten* abgelagert werden.

### DYNAMOMETAMORPHOSE (DISLOKATIONSMETAMORPHOSE).

*Dynamometamorphose* (*Dislokationsmetamorphose*) wird die Umwandlung genannt, die Gesteine bei der *Gebirgsbildung* erleiden. Es wirkt hier auf die Gesteine vor allen Dingen einseitiger Druck.

Durch Regionalmetamorphose und Dislokationsmetamorphose entstehen die *kristallinen Schiefer*.

### WIRKSAME FAKTOREN BEI DER METAMORPHOSE.

Druck und Temperatur sind die beiden hauptsächlichsten bei der Metamorphose *wirksamen Faktoren*. Bei vorherrschendem Druck bilden sich Mineralien mit hohem spezifischen Gewicht (geringem *Molekularvolumen*), bei vorherrschender Temperatur solche mit geringem spezifischen Gewicht (grossem *Molekularvolumen*). Druck und Temperatur wirken also gerade entgegengesetzt. Hieraus erklärt sich die grosse Verschiedenheit der metamorphen *Paragenesen*.

Zwei Arten von Druck sind bei der Metamorphose zu unterscheiden: 1. *Hydrostatischer (allseitiger) Druck*, 2. *Stress, einseitiger Druck* bzw. allseitiger Druck mit einseitigem Überdruck.

Next to pressure and temperature, the amount of water held in the rock (*quarry-water*) plays an important part in metamorphism.

#### DEPTH ZONES OF METAMORPHISM.

According to Grubenmann and Becke, the *venue* of metamorphism consists of three depth zones: 1. The Epizone, 2. The Mesozone, 3. The Katazone.

The *epizone* is the uppermost zone of metamorphism. The temperature is low, and stress predominates; *mechanical deformation* chiefly is in operation. The rocks in the epizone are markedly *foliated* (*Schistose*); they are called *epi-rocks*.

The *mesozone* is the intermediate depth zone of metamorphism. The temperature is higher; the pressure is great, partly hydrostatic, but stress, however, is still predominant. *Cataclastic processes* are subordinate; *deformation without shearing*, and the *formation of new minerals*, predominate. The rocks show *foliation due to crystallization*, and are called *meso-rocks*.

In the deepest zone, the *katazone*, temperature and pressure are very great, the latter being hydrostatic. There is no *foliation* (*schistosity*), in general, and granular rocks predominate; they are called *kata-rocks*.

#### THE MINERALS IN METAMORPHIC ROCKS.

The *mineral content* of metamorphic rocks varies greatly according to the material from which the minerals are formed. Certain minerals, however, are characteristic of the different depth zones; they occur in one zone only and are called *typomorphic minerals*, or *zonal minerals*. In addition to these are minerals which occur in all the zones; in Germany they are called "*Durchläufer*" (= "to run through." "*Ubiquitous minerals*" could be used for these).

Sericite and chlorite are typomorphic minerals of the epizone; amphiboles are the chief minerals of the mesozone; and pyroxenes of the katazone.

#### STRUCTURE AND TEXTURE OF METAMORPHIC ROCKS.

**Structure.** *Foliated* (*schistose*) structure<sup>1</sup> is the predominant structure of metamorphic rocks particularly in the upper zones. The *laminated constituents*, particularly mica and

<sup>1</sup> The term "Textur" and "Struktur" are used in Germany with opposite meanings to that of "texture" and "structure" in English-speaking countries (see page 129).

Neben Druck und Temperatur spielt die *Durchfeuchtung* (*Bergfeuchtigkeit*) eine wesentlich Rolle bei der Metamorphose.

#### TIEFENZONEN DER METAMORPHOSE.

Nach Grubenmann und Becke gliedert man den *Schauplatz der Metamorphose* in drei Tiefenzonen: 1. Epizone, 2. Mesozone, 3. Katazone.

Die *Epizone* ist die oberste Zone der Metamorphose. Die Temperatur ist niedrig und Stress herrscht vor. Es gehen hauptsächlich *mechanische Umformungen* vor sich. Die Gesteine der Epizone sind deutlich *geschiefert*. Sie werden *Epigesteine* genannt.

Die *Mesozone* ist die mittlere Tiefenzone der Metamorphose. Die Temperatur steigt, der Druck ist hoch, teilweise schon hydrostatisch, Stress herrscht jedoch noch vor. *Kataklase* tritt zurück, *bruchlose Umformung* und *Mineralneubildung* herrschen. Die Gesteine zeigen *Kristallisationschieferung* und werden *Mesogesteine* genannt.

In der tiefsten Zone, der *Katazone*, sind Temperatur und Druck sehr hoch, letzterer ist hydrostatisch. *Schieferung* fehlt im allgemeinen und körnige Gesteine herrschen vor. Sie werden *Katagesteine* genannt.

#### MINERALIEN METAMORPHER GESTEINE.

Der *Mineralbestand* der metamorphen Gesteine ist je nach dem Ausgangsmaterial sehr wechselnd. Gewisse Mineralien sind aber für die verschiedenen Tiefenzonen kennzeichnend. Sie treten nur in einer Zone auf, und werden als *typomorphe Mineralien* oder *Leitmineralien* bezeichnet. Daneben finden sich Mineralien, die in allen Zonen auftreten können. Sie werden *Durchläufer* genannt.

Typomorphe Mineralien der Epizone sind Serizit und Chlorite, der Mesozone hauptsächlich Hornblenden und der Katazone hauptsächlich Augite.

#### GEFÜGE (TEXTUR UND STRUKTUR) DER METAMORPHEN GESTEINE.

**Textur.** *Schiefrige Textur*<sup>1</sup> ist die herrschende Textur der metamorphen Gesteine, besonders in den höheren Zonen. Die *blättrigen Gemengteile*, besonders Glimmer und Chlorite liegen

<sup>1</sup> Die Begriffe Textur und Struktur werden im Deutschen und im Englischen in umgekehrtem Sinne gebraucht (vergl. Seite 130).

chlorite, are in parallel orientation, and the rocks cleave easily along their surfaces. Foliated structure may be formed also by the crystallization of new minerals under directional pressure, with the result that there is a more or less distinct parallel arrangement of the constituents; this is known as *foliation due to crystallization*.

Rocks showing *flaser-structure* are those containing lenticular aggregates of minerals enveloped in an adhering cover of other minerals, like mica. *Orbicular- or augen-structure* is somewhat similar.

In kata-rocks the structure generally shows no foliation; it is "*directionless*."

**Texture.** When individual crystals with good crystal boundaries are formed in the groundmass (by metamorphism), they are called *idioblasts*; if they do not show crystal-facets, they are called *xenoblasts*. *Porphyroblasts*, in a wavy groundmass, give rise to *porphyroblastic texture*. *Granoblastic texture* denotes the knotty texture of plutonic rocks. *Lepidoblastic* (laminated- or banded-) structure is formed by *laminated* minerals; *nematoblastic* (fibrous) structure by fibrous minerals. Frequently, porphyroblasts include parts of the wavy groundmass; in this case the structure is referred to, in German, as "*Siebstruktur*" ("sieve-texture") or *poikiloblastic texture*. In *diablastic texture*, two constituents, generally columnar, interpenetrate one another.

If the texture of the original material which has been metamorphosed persists, it is referred to as *relic-texture*. In the first stages of metamorphism, quartz and other minerals become broken on their peripheries; they then show what is known in Germany as *Mörtelkränze* ("wreath of mortar"). If the minerals are further crushed, there is formed "*Mörtelstruktur*"; this could be translated as "brecciated texture."

## METAMORPHIC ROCKS.

Numerous German and English names, usually easy to understand, have been given to metamorphic rocks to suit the extraordinary changes effected in their mineral content; and in the two languages only slight differences are shown by the corresponding rocks. Some of the chief rocks only are given here.

Important rocks of the epizone are: *Phyllites*,<sup>1</sup> *chlorite-schists*, *talcschists*, *epimarbles*, etc.

<sup>1</sup> The term "phyllite" is not confined, in English usage, to dynamo-metamorphic rocks; it can also be used for certain contact-metamorphic rocks. The term has no genetic significance, as used in England.

parallel und die Gesteine\* spalten nach diesen Flächen leicht. Schiefrige Textur kann auch dadurch entstehen, dass die neugebildeten Mineralien unter einseitigem Druck kristallisieren und hierdurch mehr oder weniger deutlich parallel angeordnet sind. Man spricht von *Kristallisationsschieferung*.

Bei der *Flasertextur* enthält das Gestein linsenförmige Mineralanhäufungen, an die sich eine *Hülle* anderer Mineralien, z.B. Glimmer anschmiegen. Ähnlich ist die *Augentextur*.

In den Katagesteinen ist die Textur meist *richtungslos*.

**Struktur.** Bilden sich in einer Grundmasse einzelne kristallographisch gut begrenzte Mineralien aus, so nennt man sie *Idioblasten*, zeigen sie keine Kristallumgrenzung, so spricht man von *Xenoblasten*. *Porphyroblasten* in einem Grundgewebe bilden *porphyroblastische Struktur*. *Granoblastische Struktur* entspricht der körnigen Struktur der Tiefengesteine. *Lepidoblastische (schuppige) Struktur* findet sich bei blättrigen, *nematoblastische (fasrige) Struktur* bei fasrigen Mineralien. Häufig umschliessen die Porphyroblasten Teile des Grundgewebes. Man spricht in diesem Falle von *Siebstruktur* oder *poikiloblastischer Struktur*. Bei der *diablastischen Struktur* durchdringen sich zwei Gemengteile, meist stenglig.

Sind noch Reste der Struktur des Ausgangsmaterials zu erkennen, so spricht man von *Reliktstrukturen*. Im Beginn der Metamorphose werden Quarze und andere Mineralien randlich zerbrochen. Sie zeigen *Mörtelkränze*. Zerbrecen die Mineralien noch weiter, so entsteht *Mörtelstruktur*.

## METAMORPHE GESTEINE.

Entsprechend des ausserordentlich wechselnden Mineralbestandes der metamorphen Gesteine sind sie mit zahlreichen Namen belegt worden, die aber im allgemeinen leicht verständlich sind und in beiden Sprachen nur wenig Verschiedenheiten aufweisen. Hier können nur einige der wichtigsten angeführt werden.

Wichtige Gesteine der Epizone sind: *Phyllite*,<sup>1</sup> *Chlorit-schiefer*, *Talkschiefer*, *Epimarmore* usw.

<sup>1</sup> Der Name "Phyllit" wird in England nicht auf dynamometamorphe Gesteine beschränkt, sondern auch auf kontaktmetamorphe Gesteine angewandt. Er hat hier keine genetische Bedeutung.



In the mesozone the following occur: *Mica-schists*, *hornblende-schists*, *amphibolites*, *hornblende-plagioclase gneiss*, etc.

Kata-rocks are: *Hornfelses* and *gneises* with plagioclase, sillimanite, and garnet; *augite-gneisses*, *augite-schists*, *calc-silicate rocks*, *kata-marbles* and others.

Gneiss can be formed from an igneous rock or from a sedimentary rock. In the former case it is called *orthogneiss*, and in the latter, *paragneiss*.

#### METAMORPHISM BY INJECTION.

*Injection metamorphism* is effected in the deep earth zones. *Magmatic*, including *pegmatitic*, *solutions* invade the rocks and in particular those which are foliated; the rocks thus become soaked and partly assimilated by the injected material. One of the most extensive of all areas, where this injection process has been in operation, is that occupied by the Scandinavian shield. There the whole *pre-Cambrian basement* (*pre-Cambrian shield*) has been subjected to injection, and partly remelted. For such widespread *remelting* of rock as the result of magmatic injections, Sederholm uses the term *anatexis*.

Such rocks which show regular bands of felspar and schists he designates as *migmatites*; those irregularly banded, as *arterites*; rocks consisting of a net-work of felspar in crushed rock, as *dyktyonites*; and those in which the original and the new material are indefinitely mixed, as *nebulites*.

Deep-seated processes, analogous to those which result in anatexis, and in particular, those which give rise to ridge-formation of eruptive rocks that were previously weathered, are called in German *Palingenese*.

In der Mesozone treten auf: *Glimmerschiefer*, *Hornblende-schiefer*, *Amphibolite*, *Hornblende-Plagioklasgneise* u.a.

Katagesteine sind: *Hornfelse* und *Gneise* mit Plagioklas, *Cordierit*, *Sillimanit* und *Granat*, *Augitgneise*, *Augitschiefer*, *Kalksilikatgesteine*, *Katamarmore* u.a.

Ein Gneis kann aus einem Eruptivgestein oder einem Sedimentgestein entstanden sein. Im ersten Falle nennt man ihn *Orthogneis* (*Schapbachgneis*), im zweiten Falle *Paragneis* (*Renchgneis*).

#### INJEKTIONSMETAMORPHOSE.

*Injektionsmetamorphose* findet in tiefen Erdzonen statt. *Magmatische* und *pegmatitische Lösungen* dringen besonders in schiefrige Nebengesteine ein, durchtränken sie weitgehend mit Schmelzlösung und schmelzen sie teilweise bei diesen Vorgängen auf. Eines der grössten Injektionsgebieten der Welt ist der skandinavische Schild. Hier wurde das ganze *präkambrische Grundgebirge* injiziert und umgeschmolzen. Sederholm nennt diese Umschmelzung grosser Gebiete *Anatexis*.

Gesteine mit regelmässigen Lagen von Feldspat und Schiefer nennt Sederholm *Migmatite*, unregelmässig durchaderte Gesteine *Arterite*. Tritt ein Netz von Feldspat in spröden Gesteinen auf, spricht er von *Dyktoniten*. Gehen ursprüngliches und neu zugeführtes Material undeutlich ineinander über, nennt man die entstehenden Gesteine *Nebulite*.

Der Anatexis entsprechend Vorgänge, besonders Rückbildungserscheinungen schon verwitterter Eruptivgesteine durch derartige Tiefenvorgänge, sind auch als *Palingenese* bezeichnet worden.

## CHAPTER XIV.

### ORE DEPOSITS.

In the Introduction, *mineral deposits* were described as occurrences of minerals so concentrated together that they could not be included under the term "rock." Rock, on the other hand, was defined on page 7 as an aggregate of minerals; and it was stated that the same type of rock occurs as extensive masses in numerous parts of the earth to form, therefore, an essential part of the solid crust.

Compared to rocks, mineral deposits have been subjected, in general, to far greater changes in their *mineral constituents*; they also form an essentially smaller part of the solid crust.

If we consider the chemical composition of the solid crust of the earth, in a section 16 kilometers deep from its surface, as estimated by Clarke and Washington, and compare the figures with those representing the chemical compositions of rocks and of mineral deposits, it will be noted that the compositions of rocks, in general, are not very essentially different from the average composition of the section through the upper crust. Granite, for example, has a silica content of about 70% and an *alumina content* of about 12%. The 16 kilometer section is estimated to average 59.12  $\text{SiO}_2$  and 15.34%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . The copper content in the section, however, averages only 0.010%, whereas in a copper deposit it is from 2 to 3%. The average copper content of a copper deposit is, therefore, many times the average copper content of the solid crust of the earth.

Hence mineral deposits may be described as *mineral aggregates* occurring as subordinate parts of the solid crust of the earth, the elements contained in them being in markedly greater *concentration* than in a normal section through the solid crust. There is, naturally, a *transition* from mineral deposits to rocks.

*Ore deposits* are ore-bearing deposits of minerals that contain one or more *metals* which can be extracted from them. In English-speaking countries the term "ore deposits" is generally applied only to such deposits as contain *metalliferous minerals*

## KAPITEL XIV.

### ERZLAGERSTÄTTEN.

In der Einleitung waren als *Lagerstätten* solche Mineralkombinationen bezeichnet worden, die nicht unter den Begriff des Gesteins fallen. Ein Gestein war auf Seite 8 als ein Mineralaggregat bezeichnet worden, das in derselben Art an zahlreichen Stellen der Erde in grosser Ausdehnung vorkommt und deshalb einen wesentlichen Teil der festen Erdrinde ausmacht.

Die Lagerstätten sind nun im Vergleich zu den Gesteinen im allgemeinen einerseits in ihrem *Mineralbestand* einem viel grösseren Wechsel unterworfen und andererseits stellen sie wesentlich geringere Teile der festen Erdrinde vor.

Betrachten wir ferner die durchschnittliche chemische Zusammensetzung der obersten 16 Kilometer der Erdrinde nach der Zusammenstellung von Clarke und Washington und vergleichen wir diese Zahlen mit der chemischen Zusammensetzung von Gesteinen und Lagerstätten, so bemerken wir, dass die Zusammensetzung der Gesteine sich im allgemeinen nicht sehr wesentlich von dieser durchschnittlichen Zusammensetzung entfernt, während der chemische Bestand der Lagerstätten von diesem Durchschnitt im allgemeinen wesentlich abweicht. So hat z.B. ein Granit einen  $\text{SiO}_2$ -Gehalt um 70% und einen *Tonerdegehalt* um 12%. Der Durchschnitt der obersten 16 km der Erdrinde sind 59,12  $\text{SiO}_2$  und 15,34  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Der Kupfergehalt der festen Erdrinde beträgt jedoch nur 0,010%, während der Kupfergehalt einer Kupferlagerstätte 2-3% Cu ist, also ein Vielfaches des durchschnittlichen Gehaltes der festen Erdrinde.

Lagerstätten können daher als *Mineralaggregate* bezeichnet werden, die in der festen Erdrinde nur untergeordnet auftreten und in denen die Elemente in *Konzentrationen* auftreten, die den normalen Durchschnitt der festen Erdrinde wesentlich übersteigen. Es gibt natürlich *Übergänge* zwischen Lagerstätten und Gesteinen.

*Erzlagerstätten* sind Lagerstätten von *Erzen*, das heisst von Mineralien, die ein oder mehrere *Metalle* enthalten, die aus ihnen gewonnen werden können. In Englischen wird der Begriff *Erzlagerstätte* nur auf solche Vorkommen angewandt, die *metall-*

that can be worked economically in present times, or in the near future. In Germany, the term "*nutzbaren Lagerstätten*" (useful mineral deposits) is employed for such *workable deposits*. Improvements in *mining methods* and advances in *metallurgical knowledge* may render possible the exploitation of mineral deposits that were formerly *unworkable*.

The *tenor* of an orebody is determined by its *richness* or *poorness* in ore minerals. A *rich*, or *high-grade*, *orebody* contains a high percentage of the required economic mineral; a *low-grade orebody* contains a low percentage of it.

### CONCENTRATION PROCESSES OF ORE MINERALS.

Ore minerals become concentrated by *magmatic processes* considered in their widest sense, and by *sedimentary processes*. These *concentration processes* can be summed up briefly in the following groups (see also, magmatic process, page 165).

#### CONCENTRATION BY MAGMATIC PROCESSES.

**Concentration by immiscibility in the magma.** The sulphides present in a magma may become *immiscible* with the rest of the magma as temperature gradually falls, and *separate out* as fluid segregations. These sulphides may contain nickel, copper, gold, platinum, etc. *Nickeliferous pyrrhotite deposits*, in particular, may be concentrated in this way, in basic igneous rocks.

**Concentration by differentiation due to gravity (fractional crystallization).** Heavy minerals like magnetite, ilmenite, chromite, etc., are generally, with olivine, amongst the *first minerals to separate out* during the crystallization of a magma. By virtue of their density, they can sink in the magma and thus become concentrated. *Deposits of ilmenite and chromite* are formed in this way.

The sulphides or oxides concentrated as the result of *immiscibility and gravity sinking in magma*, may accumulate in particular magmas. These accumulations, due to tectonic movements, may be *squeezed out* to form, under these circumstances, *ore-injections* of special kinds of ore such as *intrusive (injection) sulphide deposits*, and *intrusive magnetite-apatite deposits*.

**Concentration during the pegmatitic and pneumatolytic stages.** The residual acid *differentiation products* may be squeezed out into fissures to form *veins of pegmatite* and of *quartz*. *Elements of rare-earths*, in particular, are concentrated at this stage.

*haltige Mineralien* enthalten, die unter den gegenwärtigen Bedingungen oder in naher Zukunft mit Vorteil gewonnen werden können. In Deutschland wird für derartige *bauwürdigen Vorkommen* der Begriff der *nutzbaren Lagerstätte* gebraucht. Verbesserungen in den *Arbeitsmethoden des Bergbaus* und der *Hüttenkunde* können es möglich machen, Lagerstätten mit Nutzen abzubauen, die früher *unbauwürdig* waren.

Der *Reichtum* oder die *Armut* eines Erzkörpers an Erzmineralien bestimmt den *Gehalt* des Erzes. Ein *reicher (hochhaltiger) Erzkörper* ist reich an wirtschaftlich verwertbaren Erzmineralien, ein *armer (geringhaltiger) Erzkörper* enthält wenig solcher Mineralien.

### KONZENTRATIONSVORGÄNGE DER ERZMINERALIEN.

Erzmineralien werden durch *magmatische Vorgänge* im weitesten Sinne und durch *sedimentäre Vorgänge* konzentriert. Die *Konzentrationsvorgänge* können kurz zu folgenden Gruppen zusammengefasst werden (vergl. auch Vorgänge in Magma Seite 166).

#### KONZENTRATION DURCH MAGMATISCHE VORGÄNGE.

**Konzentration durch Entmischung im Magma.** Die im Magma vorhandenen Sulfide können bei geringer werdender Temperatur, im flüssigen Magma *entmischen* und sich flüssig *abscheiden*. Diese Sulfide können Nickel, Kupfer, Gold, Platin usw. enthalten. Es entstehen durch diese Vorgänge besonders *Nickel-Magnetkieslagerstätten* usw. in basischen Eruptivgesteinen.

**Konzentration durch gravitative Differentiation (fraktionierte Kristallisation).** Die schweren Erzmineralien, wie Magnetit, Titaneisen, Chromeisen usw. gehören gewöhnlich neben Olivin zu den *Erstausscheidungen*, die in einem Magma kristallisieren. Sie können vermöge ihrer Schwere im Magma absinken und können hierbei konzentriert werden. Es entstehen *Titanomagnetitlagerstätten*, *Chromitlagerstätten* usw.

Die durch *Entmischung im Magma* und durch *gravitatives Absinken* konzentrierten Sulfide oder Oxyde können sich zu eigenen Magmen sammeln, die durch tektonische Bewegungen *abgepresst* werden und nun eigene *Erzinjektionen* bilden. Durch derartige Vorgänge entstehen die *intrusiven Kieslagerstätten* und die *intrusiven Magnetit-Apatitlagerstätten*.

**Konzentration während des pegmatitischen und pneumatolytischen Stadiums.** Die restlichen sauren *Differentiationsprodukte* des Magmas können in Spalten gepresst werden und hier *Pegmatite* und *Quarzgänge* bilden. In diesem Stadium werden besonders die *Elemente der seltenen Erden* konzentriert.

During the later *pneumatolytic* stage, *mineralizing gases* such as fluorides, chlorides, borates, etc., are emanated. These gases are carriers of tin, tungsten, molybdenum, etc., and give rise to *pneumatolytic cassiterite-wolframite veins*, and *tourmaline-bearing quartz veins*, etc.

**Concentration by contact-pneumatolysis.** If calcareous rocks occur in the immediate vicinity of an *intrusive body*, the gases emanating from the magma may have replaced the rocks to form ore minerals. Iron and copper minerals may be concentrated in this way. Numerous *contact deposits* of various kinds are formed at this stage.

**Concentration during the hydrothermal stage.** Subsequent to the pneumatolytic stage, hot *aqueous mineralizing solutions*, carrying copper, lead, zinc, bismuth, etc., deposit minerals containing these metals in *veins*, in *cavities* in the rock, or as *replacement bodies*. *Hydrothermal veins*, *replacement deposits*, and *impregnations* are thus formed.

#### CONCENTRATION BY SEDIMENTARY PROCESSES.

**Concentration by underground waters.** Waters circulating below the surface can dissolve pre-existing minerals scattered through the rocks, and deposit them again along fissures, or as replacement orebodies.

**Concentration by surface waters.** *Surface waters* rich in oxygen can, by oxidation, decompose minerals which are *unstable* under surface conditions, and redeposit some, or all, of their constituents in deeper zones. This *solution* process takes place in the *oxidation zone*, and often gives rise, by *redeposition*, to *secondary enrichment* of the deposits below this zone, that is, in the *enrichment zone* (see page 189).

**Concentration by water- or by wind-transport.** Relatively lighter minerals, like quartz, are moved farther by *running waters* than the heavier ore minerals. In *alluvial deposits* (*placers*) rich concentrations of such heavy and resistant minerals as cassiterite, gold, platinum, magnetite, precious stones, etc., are formed in this way. If such deposits become subsequently cemented together, they are spoken of in Germany as "*eluviale Seifen*" ("*eluvial*" *placers*).

In arid regions where storms are frequent, wind-borne *placers* can be formed; they can be referred to as *eolian placers*.

Während des folgenden *pneumatolytischen Stadiums* werden *mineralisierende, fluide Gase*, wie Fluoride, Chloride, Borate usw. abgegeben. Diese Gase können mit Zinn, Wolfram, Molybdän usw. beladen sein. Es entstehen die *pneumatolytischen Zinn-Wolframingänge, turmalinführende Quarzgänge* usw.

**Konzentration durch Kontaktpneumatolyse.** Befinden sich in der unmittelbaren Umgebung eines *Intrusivkörpers* kalkige Gesteine, so werden die aus dem Magma entweichenden Gase von diesen aufgefangen und Erzminerale an ihrer Stelle abgelagert. Eisen, Kupfer, und andere Metalle können hierbei konzentriert werden. Zahlreichen *Kontaktlagerstätten* der verschiedensten Art entstehen in diesem Stadium.

**Konzentration während des hydrothermalen Stadiums.** Auf das pneumatolytische Stadium folgen heisse, *wässrige Minerallösungen*, die Kupfer, Blei, Zink, Wismut und andere Metalle führen, die in Gängen, *Hohlräumen* oder als *Verdrängungskörper* in den Gesteinen abgesetzt werden. Es entstehen *hydrothermale Gänge, Verdrängungslagerstätten* und *Imprägnationen*.

#### KONZENTRATION DURCH SEDIMENTÄRE VORGÄNGE.

**Konzentration durch Grundwasser.** Wasser, das unter der Erdoberfläche zirkuliert, kann metallhaltige Mineralien, die in den Gesteinen vorhanden sind, lösen und längs Spalten oder als *Verdrängungslagerstätten* wieder absetzen.

**Konzentration durch Oberflächenwasser.** *Oberflächenwasser*, das viel Sauerstoff enthält, kann Mineralien, die unter Oberflächenbedingungen *instabil* sind, durch Oxydation zerstören, lösen und einige oder alle ihre Bestandteile in tieferen Zonen wieder absetzen. Der Vorgang der *Lösung* findet in der *Oxydationszone (Auslaugungszone)* statt. Bei der *Wiederausfällung* der gelösten Stoffe entsteht in Lagerstätten unterhalb der Oxydationszone oft eine *sekundäre Anreicherung (Anreicherungszone)* (vergl. Seite 190).

**Konzentration durch Wasser- oder Windtransport.** Relativ leichte Mineralien, wie Quarz, werden beim Transport durch *fließendes Wasser* weiter fortgeführt, als die schwereren Erzminerale. In *alluvialen Ablagerungen (Seifen)* können auf diesem Wege *hochhaltige Anreicherungen* schwerer und *widerstandsfähiger* Mineralien, wie Zinnstein, Gold, Platin, Magnetit, Edelsteine u.a. gebildet werden. Werden solche Ablagerungen später verfestigt, spricht man von *eluvialen Seifen*.

In trockenen Gebieten, in denen Stürme häufig sind, können auf ähnliche Art *Seifen* durch Windtätigkeit gebildet werden. Sie können als *äolische Seifen* bezeichnet werden.



**Concentration as the result of decomposition on land.** As the result of the decomposition of *siliceous rocks* under various *climatic conditions*, certain elements may become concentrated in the *decomposed residuum*. *Kaolin deposits*, *bauxite deposits*, *magnesite deposits*, and *nickel-silicate deposits* may thus be formed.

Other minerals are concentrated in the solutions resulting from rock decomposition. Humic substances play a particularly active role in this process by hindering the precipitation of the colloidal material. The humic substances are decomposed, especially by lime, to form *deposits of iron, manganese, and phosphate minerals*.

In *rock debris in arid regions*, such metals as copper, silver, vanadium, and uranium may be concentrated by the aid of *decomposing plant material*.

**Concentration by separation in sea-water and in terrestrial surface-waters.** In almost all waters, iron is in solution as *ferrihydrate*, and rarely as *ferricarbonate*. This iron may be precipitated by loss of  $\text{CO}_2$ , by *electrolytes*, by "*thread bacteria*" ("*iron bacteria*"), or by *iron algæ*. Such processes are chiefly active in *lakes, swamps, marshes*, etc.; bog iron ores (*lake-, swamp-, marsh-ores*) are thus formed. Clay-ironstone and carbonaceous ironstone (black-band ironstone) are formed in marshes by inorganic processes.

Probably *marine oolitic iron ores* (minette ores of Lorraine, the ores of Wabana and of Clinton) and *marine manganese deposits* were formed by similar processes in the sea.

In *enclosed sea basins*, *sulphur bacteria* (anaerobic bacteria) are capable of precipitating sulphides. *Sedimentary deposits of sulphides*, like the *Kupferschiefer*, have been formed in this way (according to most authorities).

## FORMS OF ORE BODIES.

*Ore bodies* occur in many different forms, depending to some extent on their mode of origin. *Syngenetic deposits*, in which the ore minerals were formed at the same time as the enclosing rocks, have, in general, different forms from *epigenetic deposits*, in which the ore minerals were introduced at a later stage into a pre-existing rock.

Ore bodies may occur in the form of *stocks, beds, seams, streaks, lenses, veins, ore-chimneys (ore-pipes), pockets*, or in quite irregular forms. Those which occur in the form of *veins (lodes)* are particularly important.

### Konzentration durch Verwitterung auf dem Festland.

Durch Verwitterung der *Silikatgesteine* unter verschiedenen *Klimabedingungen* können sich gewisse Elemente im *Verwitterungsrückstand konzentrieren*. Auf diese Art werden *Koalinlagerstätten*, *Bauxillagerstätten*, *Magnesitlagerstätten*, und *Lagerstätten von Nickelsilikaten* gebildet.

Andere Elemente konzentrieren sich in den Verwitterungslösungen. Hierbei spielen *Humusstoffe*, die als *Schutzkolloide* wirken können, eine besondere Rolle. Diese Humusstoffe werden besonders auf Kalken zerstört und es bilden sich hier *Eisen-Mangan- und Phosphatlagerstätten*.

In *ariden Schuttwannen* können Metalle, wie Kupfer, Silber, Vanadium und Uran unter Mitwirkung *verwesenden Pflanzenmaterials* konzentriert werden.

**Konzentration durch Ausscheidung im Meer und in terrestren Oberflächengewässern.** In fast allen Gewässern ist Eisen als *Ferrihydratsol*, seltener als *Ferrikarbonat* gelöst. Dieses Eisen kann durch Entziehen von  $\text{CO}_2$ , durch *Elektrolyte*, durch *Eisenbakterien* oder durch *Eisenalgen* ausgefällt werden. Solche Vorgänge finden besonders in *Seen*, *Sümpfen*, *Mooren* usw. statt. Es entstehen hierbei *Seerze*, *Sumpferze*, *Raseneisenerze*. Auf anorganischem Wege entstanden unter *Mooren Toneisensteine* und *Kohleneisensteine*.

Wahrscheinlich entstanden die *marinen oolithischen Eisenerze* (*Minetteerze* Lothringens, *Wabaneerze*, *Clintonerze*) und die *marinen Manganerzlager* durch ähnliche Vorgänge im Meer.

*Schwefelbakterien* können in *abgeschnürten Meeresbecken* Sulfide ausfällen. Auf diese Art können *sedimentäre Kieslager* und *Lagerstätten*, wie der *Kupferschiefer* entstehen (*Lagerstätten des Schwefelkreislaufs*).

### FORM DER ERZKÖRPER.

*Erzkörper* können sehr verschiedene Formen haben. Die Form eines Erzkörpers ist teilweise von den *Bildungsumständen* der Lagerstätte abhängig. *Syngenetische Lagerstätten*, in denen die Erzminerale gleichzeitig mit dem Nebengestein gebildet wurden, werden meist andere Formen haben, als *epigenetische Lagerstätten*, bei denen die Erzminerale erst in einem späteren Stadium in ein schon vorher vorhandenes Nebengestein zugeführt wurden.

Allgemein können Erzkörper in der Form von *Stöcken*, *Lagern*, *Flözen*, *Schloten*, *Linsen*, *Gängen*, *Schläuchen*, *Taschen* auftreten oder sie können vollkommen unregelmässige Formen haben. Besonders wichtig sind die *gangförmigen Erzlagerstätten*.

**Veins.** *Ore veins* are tabular, or sheet-like, ore bodies occurring in rock fissures. The *vein infilling* (vein-filling, vein-material) is younger than the adjacent rock, and the fissure that has been filled; and its *mineral content* is markedly different from that of the surrounding rock.

Usually a vein has definite boundaries; the main mineralization is confined between the *walls* of the vein. The ore occurs below the *hanging-wall*, and above the *footwall*. The rock beyond the walls, which is generally unmineralized or only slightly mineralized, is referred to as the *country rock*. The vein walls are frequently *smooth* and *polished*; that is, they form *slickensides*.

*Mineral veins* may be formed: 1. By the *infilling* of a fissure. 2. By *replacement* of the adjacent rock along a fissure. 3. By these two processes combined.

In a *true fissure vein* the ore has been deposited in a more or less open space along a fissure. Usually some *mineralization* has spread into the vein walls, and perhaps also beyond the walls into the country rock.

In England and some English colonies, the term *lode* means the same as vein; in the United States the term *lode* is used for *composite veins*.

In Germany, no distinctive terms exist for *vein*, *lode*, and *dyke (dike)* as used in English-speaking countries (see Footnote, p. 127). Distinction is made, however, between *simple veins* which occupy only one fissure, and *composite veins* which occupy several, more or less parallel, fissures.

The term *reef* is frequently used for *gold-bearing* (auriferous) quartz veins.

*Bedded veins* follow the *bedding planes (bedding joints)* of sedimentary rocks. *Saddle reefs* represent a type of bedded deposit occupying open cavities in beds which have been folded into anticlines and synclines. "*Kontaktgang*" ("*contact vein*") is an obsolete German term for a vein occurring at the junction between a bedded and an igneous rock.

*Gash veins* are not continuous along their *strike* and *dip*; they are usually of small lateral and vertical extent, in the form of small lenticles. *Lenticular veins* generally occur in schists, phyllites, and slates; they have convex walls and often *pinch out* (*peter out*, *wedge out*) in short distances.

**Gänge.** *Erzgänge* sind tafelige oder plattenartige Erzkörper, die in Spalten in den Gesteinen auftreten. Die *Gangfüllung* ist jünger als das Gestein, in dem sie auftreten und als die Spalten, die sie füllen. Auch im *Mineralgehalt* unterscheiden sie sich beträchtlich von den umgebenden Gesteinen.

Ein Gang hat gewöhnlich scharfe Grenzen gegen die angrenzenden Gesteine. Die eigentliche Erzbildung bleibt auf das Gebiet zwischen den *Wänden* des Ganges beschränkt. Das Erz findet sich unter dem *Hangenden* und über dem *Liegenden* des Ganges. Das Gestein ausserhalb des Ganges, das im allgemeinen unmineralisiert oder nur schwach mineralisiert ist, wird als das *Nebengestein* bezeichnet. Die Wände eines Ganges sind häufig stellenweise *geglättet* und *poliert* und es treten *Harnische* auf.

Mineralgänge können durch folgende Vorgänge gebildet werden: 1. Durch *Füllung* einer Spalte, 2. Durch *Verdrängung* des Nebengesteins entlang einer Spalte, 3. Durch beide Vorgänge zusammen.

In einem *echten Spaltengang* wurde das Erz in einem mehr oder weniger offenen Raum entlang einer Spalte abgelagert. Gewöhnlich drang ein Teil der *Mineralisation* in die unmittelbaren Wände des Ganges, manchmal vielleicht auch über die Wände hinaus in das Nebengestein ein.

Der Begriff "*lode*" bedeutet in England und in manchen englischen Kolonien dasselbe, wie "*vein*." In den Vereinigten Staaten wird der Ausdruck "*lode*" für *zusammengesetzte Gänge* gebraucht.

Im Deutschen gibt es keine Unterscheidung zwischen den englischen Begriffen "*vein, lode* und *dike*" (vergl. Fussnote Seite 128). Man unterscheidet jedoch ebenfalls zwischen *einfachen Gängen*, die nur eine Spalte füllen und *zusammengesetzten Gängen*, die aus mehreren, mehr oder weniger parallel verlaufenden Spalten bestehen.

Der Ausdruck *Riff* wird häufig für *goldführende Quarzgänge* benutzt.

*Lagergänge* folgen den *Schichtfugen* von Sedimentgesteinen. *Sattलगänge* stellen eine Abart der Lagergänge vor. Sie entstehen in Hohlräumen von Sattel- und Muldenzonen gefalteter Schichten. *Kontaktgang* ist ein alter, nicht mehr gebräuchlicher Ausdruck für Gänge, die an der Grenze zwischen einem geschichteten und einem Eruptivgestein auftreten.

"*Gash*"-Gänge halten in ihrem *Streichen* und *Fallen* nicht aus. Sie haben gewöhnlich geringe Mächtigkeit und geringes *Aushalten* nach der Tiefe. Sie bilden kleine Linsen. *Linsengänge* treten gewöhnlich in Schiefern und Phylliten auf. Sie haben konvexe Wände und *keilen* nach kurz Zeit aus.

**Vein System.** When a rock has been fractured in a zone containing a number of more or less parallel fissures close together, it forms a sheeted zone, or a shear zone. If mineralization has taken place, a *mineralized sheeted zone*, or *shear zone*, or *vein system*, may be formed.

**Stockworks.** If the rock has been irregularly fractured, and mineralized, to form *interlacing veins*, a *net-work of veins* is said to occur; if the infilled fissures are so close together that the interlacing veins and *stringers (stringer-leads)*, together with the intervening country rock, have to be worked as one orebody, it is called a *stockwork*.

**Shattered Zones.** In mineralized *shattered zones* the veins are less continuous than in most stockworks. The zone consists of a *net-work* of small discontinuous veins called *stringers*, or *stringer-leads*.

**Vein material (Vein-filling).** The materials forming an orebody are of two classes, *ore-minerals* and *gangue minerals*. The latter generally are not metalliferous. Some of the common gangue minerals are: quartz, calcite, dolomite, barytes (barite), fluorite (fluorspar), feldspar (feldspar), mica, etc.

*Fragments of the country rock* are frequently found in mineral veins; if the part of the country rock included in the vein is large, it is called "*horse*" in English-speaking countries.

Layers of clay, known as *gouge* or *flucan*, may be formed on the *vein walls*; this may be due to grinding of the rock by crustal movements, to hydrothermal decomposition, and in some cases to percolation of waters carrying weathered material. If, on the other hand, the ore adheres firmly to the walls, it is said to be "*frozen*"<sup>1</sup> to the walls.

**Vein structure.** The gangue and ore minerals in veins often show a *symmetrical* or *unsymmetrical banded arrangement*. Irregular banding in a vein is often due to reopenings of the vein, generally along its walls, and further infilling.

Different from the *banded structure* is the *massive structure* of veins, in which the ore occurs in the fissure irregularly, or showing no arrangement of the minerals.

*Brecciated structure* is that in which *fragments of the country rock*, or of *older vein material*, are cemented together by ore- and gangue-minerals. If the individual fragments are encrusted with layers of ore- and gangue-minerals, it is called *ring ore*; this gives rise to what is known in Germany as "*Kokardentextur*" (*Kokarde* = cockade).

<sup>1</sup> There is no German term which corresponds to the English term "*frozen to the walls*."

**Gangzüge.** Wurde das Gestein, in dem die Gänge auftreten, bei der Spaltenbildung in einer Zone zerstückelt, so dass eine Anzahl mehr oder weniger paralleler Spalten entsteht, so kann in Falle einer Mineralisation ein *Gangzug* oder ein *Gangsystem* entstehen.

**Stockwerke.** Wurde das Nebengestein unregelmässig zerbrochen und mineralisiert, so dass sich *kreuzende Gänge* (*Gangkreuze*) entstehen, spricht man von *Gangnetzen*. Sind die Spalten so eng *geschart*, dass die sich schneidenden Gänge und *Gängchen* zusammen mit dem Nebengestein als ein Erzkörper abgebaut werden müssen, nennt man den Erzkörper *Stockwerk*.

**Zertrümerungszonen.** In einer *Zertrümerungszone* sind die Gängchen weniger aushaltend als in einem Stockwerk. Sie bestehen aus einem *Netzwerk* von kleinen, *nichtaushaltenden Gängchen*, die als *Erzschnüre* oder *Erztrümer* bezeichnet werden.

**Gangfüllung.** Zwei Arten von Mineralien treten in einem Erzkörper auf: *Erzarten* und *Gangarten*. Die letzteren sind im allgemeinen nicht metallhaltig. Einige in Erzlagerstätten häufige Gangarten sind: Quarz, Kalkspat, Dolomit, Schwerspat, Flussspat, Feldspat, Glimmer usw.

Neben diesen Mineralien finden sich in Erzgängen häufig noch *Bruchstücke des Nebengesteins*. Erreichen sie einige Grösse, so werden sie im Englischen als "*horse*" bezeichnet.

Am *Salband* eines Ganges kann ein Tonlager, *Lettenbesteg* oder *Ganglette* genannt, auftreten. Es entsteht durch Zerreiben des Nebengesteins während der tektonischen Bewegungen oder durch hydrothermale Zersetzung, seltener durch eindringende Verwitterungslösungen. Hängt das Erz fest an den Wänden, so fehlt dieser Lettenbesteg.<sup>1</sup>

**Ganggefüge.** Die Anordnung der Gangarten und Erzarten ist in den Gängen häufig *lagenförmig*, entweder *symmetrisch lagenförmig* oder *unsymmetrisch lagenförmig*. Bei den unsymmetrisch lagenförmigen Gängen ist die Gangspalte meist am Salband mehrfach aufgerissen und neu gefüllt worden.

Im Gegensatz zur *Lagentextur* steht die *massige Gangtextur*, bei der Erze und Gangarten regellos in der Spalte verteilt liegen.

*Breccientextur* entsteht dann, wenn *Nebengesteinsbruchstücke* oder Bruchstücke einer *älteren Gangfüllung* durch Erze und Gangarten verkittet werden. Werden die einzelnen Bruchstücke *lagenförmig* von Erz- und Gangarten umhüllt, entstehen *Ringelerze* und *Kokardentextur*.

<sup>1</sup> Ein dem englischen Begriffe, "frozen to the walls" entsprechender deutscher Ausdruck fehlt.

If the vein contains open spaces (vugs) lined with good crystals, it is said to have a *drusy structure*.

**Ore-shoots, Ore-pipes, etc.** It is usually the case that parts of a vein are considerably richer than other parts. The richer portions are referred to as *ore-shoots*, and they are often the only workable parts of the vein. They may be very irregular in form, but frequently they have a steep pitch. When the ore-shoots have small lateral extent as compared to their considerable extension in depth, they are called *ore-pipes*, or *ore-chimneys*; these may occur as parts of a vein or as isolated orebodies. Many ore-pipes are, *in plan*, somewhat circular or elliptical, but in *cross-section* (*profile*) they are frequently irregular in form. *Ore-pockets*, and bunches of ore, are small ore-shoots; and exceptionally rich parts of ore-shoots are referred to as *bonanzas*.

**Disseminations.** The ore-minerals *disseminated*<sup>1</sup> through a rock are usually primary constituents. In *magmatic deposits* they were formed during the crystallization of the rock; in *sedimentary deposits*, during the deposition of the sedimentary rocks. Ilmenite and chromite, for example, frequently occur disseminated through very basic igneous rocks. In America, the term *disseminated* is used also where the minerals were deposited subsequent to the formation of the rock, as for example, in "*disseminated porphyry copper ores*."

**Impregnations.** In an *impregnation*, the ore minerals have been introduced into a pre-existing rock; they are younger than the containing rock.

## PARAGENESIS.

The term *paragensis* denotes the *association* of minerals resulting from the same *process of formation*. For example, argentite (silver glance) is frequently found *disseminated* in galena; wolframite, in many cases, is intimately associated with cassiterite; and nickel and cobalt minerals often occur in the same orebody.

Minerals which owe their origin to the same process of formation are said to be *isogenetic*; those which occur in the same orebody, but have been formed by different processes, are said to be *heterogenetic*.

<sup>1</sup> There is no German term which corresponds to "Dissemination." It is dealt with here (in the German text) as ores occurring finely divided, and "scattered" ("zerstreut") through the rock.

Treten im Gang offene Hohlräume auf, in denen gut kristallisierte Mineralien aufsitzen, spricht man von *Drusentextur*.

**Erzfälle, Erzschläuche usw.** Häufig sind gewisse Teile eines Ganges beträchtlich reicher, als andere. Die reicheren Teile werden als *Erzfälle* bezeichnet. Sie sind oft die allein bauwürdigen Teile des Ganges. In Form und Ausdehnung können sie ausserordentlich unregelmässig sein, sie haben aber meist steiles Einfallen. Haben die Erzfälle beträchtliche Tiefenerstreckung, aber geringen Durchmesser, so werden sie auch als *Erzschläuche* bezeichnet. Erzschläuche können auch als eigene Erzkörper auftreten. Sie sind im *Grundriss* meist rundlich oder elliptisch, haben aber im *Profil* meist ganz unregelmässige Form. *Erztaschen* sind entweder kleine Erzfälle, oder eigene taschenförmige Erzkörper. *Bonanzas* sind ausserordentlich reiche Teile von Erzfällen.

**Disseminations.** Im Gestein "*zerstreute*" Erzminerale sind gewöhnlich primäre Bildungen innerhalb des einschliessenden Gesteins. Bei den *magmatischen Lagerstätten* wurden sie während der Kristallisation des Magmas gebildet, bei den *sedimentären Lagerstätten* entstanden sie im Zusammenhang mit der Ablagerung des Sediments, in dem sie auftreten. So finden sich z.B. Titaneisen und Chromit häufig in feiner Verteilung in sehr basischen Gesteinen. In Amerika wird der Ausdruck "*disseminated*" allerdings auch auf später dem Gestein zugeführte Mineralien angewandt, z.B. bei den "*disseminated porphyry copper ores*."

**Imprägnationen.** Bei einer *Imprägnation* wurden die Erzminerale stets später in ein vorhandenes Gestein zugeführt; die Erzminerale sind also stets jünger, als das Gestein, in dem sie auftreten.

## PARAGENESE.

• Der Begriff der *Paragenese* bezeichnet eine *Vergesellschaftung* von Mineralien, die durch denselben *Bildungsvorgang* entstanden sind. So wird z.B. Silberglanz häufig in *feiner Verteilung* in Bleiglanz gefunden, Wolframit ist in vielen Fällen eng mit Zinnstein verknüpft und Nickel- und Kobalterze treten häufig zusammen auf.

Mineralien, die ihre Entstehung demselben Bildungsvorgang verdanken, nennt man auch *isogenetisch*. In demselben Erzkörper vorkommende Mineralien, die ihre Entstehung verschiedenen Bildungsvorgängen verdanken, nennt man *heterogenetisch*.

• <sup>1</sup> Einen deutschen Ausdruck für "*Dissemination*" gibt es nicht. Es handelt sich hier um Erze, die in feiner Verteilung, "*zerstreut*," in Gesteinen auftreten.



### ZONAL ARRANGEMENT OF MINERALS.

Ascending mineralizing gases and solutions, on reaching cooler zones, deposit their mineral content in an order which is generally reverse to that of their *temperatures of volatilization* and *solubility*. Some mines in Cornwall, for example, were worked exclusively for copper ore in their *upper levels*. When deeper levels were reached, the copper ore carried some cassiterite; at still *greater depths* the copper ore disappeared and gave place to tin ore. These changes in mineral content can occur not only in a vertical direction, but also laterally. Such *zonal arrangements* of minerals are well known in many mineralized areas. In Germany, the change in mineral content, in depth, is called *primäre Teufenunterschiede* ("primary depth differences").

### ALTERATION OF THE COUNTRY ROCK.

The *residual solutions* emanating from a magma carry numerous constituents which can react with the country rock to cause various *alterations*. Due to their great *chemical activity*, and the fact that the *pneumatolytic solutions* are above their *critical temperatures*, these changes are very marked. *Tourmalinization*, *topazization*, *greisenization*, and *silicification* thus occur.

*Greisenization* occurs chiefly in connection with granitic rocks; it is mainly due to the formation of lithium-bearing mica (lepidolite) at the cost of feldspar. *Greisen* is particularly common in association with *tin deposits*. Fine-grained greisen is called "*Zwitter*."

*Luxullianite* is a tourmalinized granite in which the acicular crystals of tourmaline are arranged as *radiating sheaves* (so-called "*tourmaline suns*").

*Hydrothermal alterations* are chiefly *chloritization* and *sericitization*. The former occurs generally in the *dark constituents* of the rock, whilst *sericitization* occurs mainly in feldspars. Further hydrothermal alterations are *epidotization*, *silicification*, *calcification*, *pyritization*, and others.

Special kinds of hydrothermal alterations, which occur in connection with *gold and silver deposits* in *young volcanic rocks*, are *propylitization* and *alunitization*. When propylitized, the rocks are altered to epidote, quartz, sericite, and pyrite. Alunitization consists of the transformation of *silicates of aluminium* into alunite and free silica.

## ZONALE ANORDNUNG DER ERZMINERALIEN.

Erreichen aufsteigende mineralbildende Gase und Lösungen kühlere Zonen, so lagern sie ihren Stoffinhalt im allgemeinen in einer *Reihenfolge* ab, die umgekehrt zu den *Verdampfungs-* und *Löslichkeitstemperaturen* der Einzelbestandteile ist. So werden z.B. manche Gruben in Cornwall in ihren *höheren Teufen* ausschliesslich auf Kupfer abgebaut. Werden *tieferer Sohlen* erreicht, so führt das Kupfererz etwas Zinnstein; in noch grösseren Teufen verschwindet das Kupfererz vollkommen und Zinnerz nimmt seine Stelle ein. Diese Änderung im Mineralinhalt kann nicht nur in vertikaler, sondern auch in lateraler Richtung vorhanden sein. Eine derartige *zonale Anordnung* der Mineralien ist aus vielen Erzgebieten bekannt. Die Erscheinung der Änderung des Mineralinhaltes mit der Teufe nennt man im Deutschen *primäre Teufenunterschiede*.

## NEBENGESTEINSUMWANDLUNGEN.

Die aus dem Magma abgegebenen *Restlösungen* führen zahlreiche Bestandteile, die mit dem Nebengestein reagieren können und so entstehen in ihm mannigfache *Umbildungen*. Entsprechend der grossen *chemischen Aktivität* und dem *überkritischen Zustand pneumatolytischer Lösungen* sind die durch sie hervorgerufenen Umwandlungen besonders stark. Sie bestehen in *Turmalinisierungen*, *Topasbildungen*, *Greisenbildungen* und *Verkieselungen*.

Die *Vergreisenung* betrifft vorwiegend granitische Gesteine und besteht hauptsächlich in einer Neubildung von Lithiumglimmer auf Kosten des Feldspates. *Greisen* findet sich besonders im Zusammenhang mit *Zinnerzlagern*. Feinkörniger Greisen heisst *Zwitter*.

*Luxullianit* ist ein turmalinierter Granit, in dem die Turmalinnädelchen *radialstrahlig* (zu sog. Turmalinsonnen) angeordnet sind.

*Hydrothermale Umwandlungen* sind besonders *Chloritisierungen* und *Serizitisierungen*. Die Chloritisierung betrifft im allgemeinen mehr die *dunklen Gemengteile* der Gesteine, während die Serizitisierung besonders die Feldspäte betrifft. Weitere hydrothermale Umwandlungen sind *Epidotierungen*, *Verkieselungen*, *Karbonatisierungen*, *Pyritisierungen*, u.a.

Besondere Arten hydrothermalen Umwandlungen, die im Zusammenhang mit *Gold-Silbererzlagern* in *jungen Ergussgesteinen* auftreten, sind die *Propylitisierung* und die *Alunitisierung*. Bei der Propylitisierung werden die Gesteine in Epidot, Quarz, Serizit und Pyrit umgewandelt. Die Alunitisierung besteht in einer Überführung der *Alumosilikate* in Alunit und freie Kieselsäure.

## ZONES OF OXIDATION AND REDUCTION IN ORE DEPOSITS.

Some minerals, like cassiterite and native gold, are so *stable* that they occur even under *surface conditions* as *fresh*, unaltered minerals. Most *primary* ore minerals, and especially *sulphides*, are, however, unstable under surface conditions so that there is usually a more or less gradual change in the mineral content from surface to depth.

An orebody containing pyrite, or other iron-bearing sulphides, is frequently, at its *outcrop*, much oxidized, the pyrite having been changed to limonite. The outcrop then consists of a conspicuous *cap* of yellowish or reddish brown ferruginous material, called *gossan*, or "*eisener Hut*" ("iron hat"); in parts of America it is called *colorados*. The zone in which oxidation processes are in operation is called the *oxidation zone*.

The depth to which the oxidation zone extends (its "*thickness*") depends on many factors, the chief of which are the following: The nature of the ore—sulphides of iron and copper oxidize readily; the character of the country rock—a *pervious*, or a *soluble rock*, allows the *oxygen-rich waters* to *percolate* easily; the amount of *fracturing* in the area; the climate; the level of the underground water—the oxidation zone is limited in depth by the *water-table*; the *topography*; the geological age of the orebody, and other factors.

Below the oxidation zone the waters are poor in oxygen; this lower zone is called the *reduction zone*,<sup>1</sup> and complicated chemical reactions are in operation there. The true reduction zone commences usually just below the top of the *permanent water-level*. In regions where there is a zone of *oscillation* in the water-table, the oxidation zone and reduction zone overlap.

The oxidation zone is characterized by the presence of *oxysalts*, which are absent in the reducing zone. Malachite, for example, occurs in the oxidizing zone, and chalcocite in the reducing zone.

Below the reducing zone is the *primary*, or *unaltered ore* (*protore*).

Oxidation and reduction processes are of particular importance in *copper deposits* in which chalcopyrite is one of the most

<sup>1</sup> Cementation ("Zementation") as used in English-speaking countries denotes the filling of interstices in porous or in shattered rocks.

## OXYDATIONS- UND ZEMENTATIONSZONEN VON ERZLAGERSTÄTTEN.

Manche Mineralien, wie z.B. Zinnstein und gediegenes Gold, sind auch unter *Oberflächenbedingungen* so *stabil*, dass sie auch an der Erdoberfläche als *frische* unveränderte Mineralien vorkommen. Die meisten *aszendenten* Erzmineralien, besonders die *Sulfide*, sind jedoch unter Oberflächenbedingungen unbeständig. Wir haben daher in Erzlagerstätten gewöhnlich eine mehr oder weniger stufenweise Änderung des Mineralbestandes von der Tagesoberfläche nach der Tiefe hin.

Enthält eine Erzkörper Pyrit oder andere eisenhaltige Sulfide, z.B. Kupferkies, so werden diese am *Ausbiss* des Erzkörpers oxydiert. Der Schwefelkies wird in Brauneisen umgewandelt. Der Ausbiss besteht dann aus einem deutlichen *Hut* von gelblichem oder rotbraunem eisenschüssigem Material, das als "*gossan*" oder *Eisener Hut*, oder in Teilen von Amerika als "*colorados*" bezeichnet wird. Die Zone, in der die Oxydationsvorgänge wirksam sind, wird *Oxydationszone* genannt.

Die *Mächtigkeit* der Oxydationszone hängt von zahlreichen Faktoren ab, deren wichtigste die folgenden sind: Zusammensetzung des Erzes; Sulfide von Eisen und Kupfer oxydieren schnell; Art des Nebengesteins; ein *poröses* oder *lösliches* Nebengestein befähigt die *sauerstoffreichen* Wässer, leicht *durchzusickern*; Ausmaß der *Zerstückelung* des Gebietes; Klima; Lage des Grundwasserspiegels; die Oxydationszone ist nach der Tiefe hin durch den *Grundwasserspiegel* begrenzt, *Oberflächengestaltung*, geologisches Alter des Erzkörpers und andere Faktoren.

Unterhalb der Oxydationszone sind die Wässer arm an Sauerstoff geworden und es können in der folgenden Zone, die als *Zementationszone*<sup>1</sup> bezeichnet wird, Austauschreaktionen komplizierter Art stattfinden. Die eigentliche Zementationszone beginnt unterhalb des *ständigen Grundwasserspiegels*. In Gebieten, wo ein ständiger Grundwasserspiegel fehlt und eine *Oszillationszone* an seine Stelle tritt, überlagern sich Oxydationszone und Zementationszone.

Die Oxydationszone ist durch *Sauerstoffsulze* gekennzeichnet, die in der Zementationszone fehlen. Malachit findet sich z.B. in der Oxydationszone, während Kupferglanz in der Zementationszone auftritt.

Unter der Zementationszone findet sich das *primäre, unveränderte Erz*.

Besonders wichtig sind die Vorgänge der Oxydation und Zementation in *Kupferlagerstätten*. Kupferkies ist eines der

<sup>1</sup> "Zementation" bedeutet im Englischen nur die Füllung der Zwischenräume in porösen Gesteinen.

common minerals. This mineral, especially in the presence of pyrite, with which it is usually associated, is *unstable* in the oxidation zone. The acid copper sulphate solution, resulting from the decomposition of the chalcopyrite, reacts with pyrite in the enrichment zone to form chalcocite, ferrous sulphate, and sulphuric acid. Whilst chalcopyrite contains only 34.5% of copper, chalcocite contains 79.8% of copper, so that there has been *enrichment* in the copper content.

The uppermost zones can, therefore, be referred to as *leached zones*. The ore minerals in these zones have been wholly, or partly, dissolved and removed by *percolating waters*. If the leached constituents have been redeposited as new minerals in the enrichment zone, this process of enrichment by chemical action is known as *secondary enrichment*.

#### CLASSIFICATION OF MINERAL DEPOSITS.

Two of the most modern classifications of mineral deposits, namely, that of Lindgren and that of Schneiderhöhn-Niggli, are given below; they will serve to introduce, without further description, additional terms used in describing mineral deposits.

#### CLASSIFICATION OF MINERAL DEPOSITS,

after Lindgren.

- I. Deposits produced by mechanical processes of concentration.
- II. Deposits produced by chemical processes of concentration.
  - A. In bodies of surface waters.
    1. By interaction of solutions.
      - (a) Inorganic solutions.
      - (b) Organic solutions.
    2. By evaporation of solvents.
  - B. In bodies of rocks.
    1. By concentration of substances contained in the geological body itself.
      - (a) Concentration of rock decay and residual weathering near surface.
      - (b) Concentration by ground water of deeper circulation.
      - (c) Concentration by dynamic and regional metamorphism.
    2. Concentration effected by introduction of substance foreign to the rock.

häufigsten Mineralien in diesen Lagerstätten. Dieser ist, besonders bei Gegenwart von Schwefelkies, der sehr häufig mit ihm zusammen vorkommt, in der Oxydationszone *instabil*. Durch die Zersetzung des Kupferkieses entsteht neben der sauren Kupfersulfatlösung Eisensulfat und Schwefelsäure. Die saure Kupfersulfatlösung reagiert in der Zementationszone mit dem Pyrit unter Bildung von Kupferglanz. Während der Kupferkies nur 34,5% Kupfer enthielt, enthält der Kupferglanz 79,8% Kupfer. Es hat also eine *Anreicherung* des Kupfergehaltes stattgefunden.

Die oberste Zone wird daher auch als *Auslaugungszone* bezeichnet. In ihr wurden die Erzminerale ganz oder teilweise durch die Tätigkeit der *Sickerwässer* gelöst und die Bestandteile fortgeführt. Werden diese Bestandteile als neue Mineralien in der Zementationszone wieder abgesetzt, so wird der Vorgang der Anreicherung durch chemische Tätigkeit als *sekundäre Anreicherung* (*Zementation*) bezeichnet.

#### EINTEILUNG DER ERZLAGERSTÄTTEN.

Zur Einführung weiterer, in der Lagerstättenkunde gebräuchlicher Begriffe werden, ohne weitere Besprechung, die beiden modernsten Einteilungen der Lagerstätten, nämlich die von Lindgren und die von Schneiderhöhn-Niggli angeführt.

#### EINTEILUNG DER MINERALLAGERSTÄTTEN, nach Lindgren.

- I. Durch mechanische Konzentrationsvorgänge entstandene Lagerstätten.
- II. Durch chemische Konzentrationsvorgänge entstandene Lagerstätten.
  - A. In Oberflächengewässern.
    1. Aus Lösungen.
      - (a) Anorganische Lösungen.
      - (b) Organische Lösungen.
    2. Durch Eindampfen des Lösungsmittels.
  - B. In Gesteinskörpern.
    1. Durch Konzentration von Substanzen aus dem geologischen Körper selbst.
      - (a) Konzentration der Zerstörungs- und Restprodukte des Gesteins nahe der Oberfläche.
      - (b) Konzentration durch tieferes Grundwasser.
      - (c) Konzentration durch dynamische oder regionale Metamorphose.
    2. Konzentration durch Zufuhr von dem Gestein fremder Stoffe.

- (a) Origin independent of igneous activity. By circulating atmospheric waters at a moderate or slight depth.
- (b) Origin dependent upon the eruption of igneous rocks.
  - a. By hot ascending waters of uncertain origin.
    - 1. Deposition and concentration at slight depth.
    - 2. Deposition and concentration at intermediate depth.
    - 3. Deposition and concentration at great depth or at high temperature and pressure.
  - b. By direct igneous emanations.
    - 1. From intrusive bodies. Contact metamorphic deposits or pyrometasmatic deposits.
    - 2. From effusive bodies Sublimates, fumaroles.
- C. In magmas, by processes of differentiation.
  - (a) Magmatic deposits proper.
  - (b) Pegmatites.

## CLASSIFICATION OF ROCK AND MINERAL DEPOSITS

after Schneiderhöhn and Niggli.

### A. DEPOSITS OF MAGMATIC ORIGIN.

#### a Intrusive-magmatic origin.<sup>1</sup>

##### I. Plutonic rocks and vein accompaniments.

##### II. Liquid magmatic deposits.

##### 1. Intra-magmatic formations.

(a) Liquid segregations due to unmixing; deposits containing nickeliferous pyrrhotite, chalcopyrite, cubanite.

(b) Crystallization differentiates; deposits containing platinum, chromite, ilmenite, titaniferous magnetite, diamond.

##### 2. Ore injections (with pneumatolysis).

(a) Intrusive sulphide deposits.

(b) Intrusive magnetite-apatite deposits.

<sup>1</sup> See footnote page 197.

- (a) Entstehung unabhängig von magmatischer Tätigkeit durch zirkulierende Oberflächenwässer in geringer Tiefe.
  - (b) Entstehung abhängig von magmatischer Tätigkeit.
    - a. Durch heisse aufsteigende Wässer unbestimmter Herkunft.
      - 1. Ablagerung und Konzentration in geringer Tiefe.
      - 2. Ablagerung und Konzentration in mittlerer Tiefe.
      - 3. Ablagerung und Konzentration in grosser Tiefe bei hohen Temperaturen und Drucken.
    - b. Durch unmittelbare magmatische Entgasung.
      - 1. Von Intrusivkörpern. Kontaktmetamorphe Lagerstätten.
      - 2. Von Extrusivkörpern. Sublimate, Fumarolen.
- C. In Magmen durch Differentiationsvorgänge.
- 1. Eigentliche magmatische Lagerstätten.
  - 2. Pegmatite.

## EINTEILUNG DER GESTEINE UND MINERALLAGERSTÄTTEN nach Schneiderhohn & Niggli.

### A. LAGERSTÄTTEN DER MAGMATISCHEN ABFOLGE.

#### a Intrusiv-magmatische Abfolge.<sup>1</sup>

##### I. Tiefengesteine und Gangefolgschaft.

##### II. Liquidmagmatische Lagerstätten.

##### 1. Intramagmatische Bildungen.

(a) Liquide-Entmischungssegregate; Lagerstätten mit Nickel-Magnetkies, Kupferkies, Cubanit.

(b) Kristallisationsdifferentiate; Lagerstätten mit Platin, Chromit, Titaneisen, Titanomagnetit, Diamant.

##### 2. Abgepresste Erzinjektionen (mit Beteiligung von Pneumatolyse).

(a) Intrusive Kieslagerstätten.

(b) Intrusive Magnetit-Apatit-Lagerstätten.

<sup>1</sup> Vergl. Fussnote Seite 198.



### III. Pneumatolytic deposits.

1. Pegmatites, pegmatitic zones and miarolitic marginal zones.
2. Pneumatolytic veins carrying tin-ore, tungsten-ore, molybdenite; tourmaline-bearing gold- copper- lead-silver-ores.
3. Contact-pneumatolytic deposits (pneumatolytic replacement deposits). Iron- copper- gold- lead- zinc-ores with calc-silicates and magnesium-silicates.

### IV. Intrusive-hydrothermal veins, replacement deposits, and impregnations.

1. Gold- arsenic- copper- iron- ore-formations.
2. Lead- silver- zinc- ore-formations.
3. Silver- cobalt- nickel- arsenic- uranium- bismuth-ore-formations.
4. Deposits of oxides and carbonates of iron and manganese.
5. Sulphur-free deposits of carbonates, sulphates, and fluorides.

### $\beta$ Extrusive-magmatic origin.<sup>1</sup>

#### I. Effusive rocks.

#### II. Tuffs.

### III. Extrusive-hydrothermal veins and replacement deposits.

1. Propylitic and alunitic gold and silver formations.
2. Copper- lead- silver- tin- bismuth-ore-formations.
3. Mercury and antimony formations.

### IV. Deposits formed by exhalations (with or without the aid of biological agency).

1. Deposits from exhalations, fumaroles, and solfataras regions of active volcanoes.
2. Native copper, zeolites, chlorite, and calcite as amygdaloidal infillings in basic eruptives and as impregnations in tuffs.
3. Bedded deposits of hematite in connection with diabase tuffs, ferruginous cherts and jasper, formed as submarine deposits from exhalations from diabase.
4. Thermal spring deposits and thermal waters in regions of extinct volcanoes.

### B. DEPOSITS OF SEDIMENTARY ORIGIN.

#### I. Weathered zones of the bedrocks and older deposits.

<sup>1</sup> See footnote page 197.

III. Pneumatolytische Lagerstätten.

1. Pegmatite, pegmatitische Schlieren und miarolithische Randzonen.
2. Pneumatolytische Gänge mit Zinnerz, Wolframerzen, Molybdänglanz, turmalinführende Gold- Kupfer- Blei- Silbererze.
3. Kontaktpneumatolytische Lagerstätten (Pneumatolytische Verdrängungslagerstätten) Eisen- Kupfer- Gold- Blei- Zinkerze mit Kalk- und Magnesiasilikaten.

IV. Intrusiv-hydrothermale Gänge, Verdrängungslagerstätten und Imprägnationen.

1. Gold- Arsen- Kupfer- Eisenformationen.
2. Blei- Silber- Zinkformationen.
3. Silber- Kobalt- Nickel- Arsen- Uran- Wismutformationen.
4. Oxydische und karbonatische Eisen- und Manganformationen.
5. Sulfidfreie karbonatische, sulfatische und fluoridische Formationen.

β Extrusiv-magmatische Abfolge.<sup>1</sup>

I. Ergussgesteine.

II. Tuffe.

III. Extrusiv-hydrothermale Gänge und Verdrängungslagerstätten.

1. Propylitische und alunitische Gold- Silberformationen.
2. Kupfer- Bei- Zink- Silber- Zinn- Wismutformationen.
3. Quecksilber- und Antimonformationen.

IV. Exhalationslagerstätten (mit oder ohne Beteiligung biochemischer Faktoren).

1. Absätze aus Exhalationen, Fumarolen, und Sofataren im Bereich des tätigen Vulkanismus.
2. Gediegen Kupfer, Zeolithe, Chlorit und Kalkspat als Mandelfüllung basischer Eruptive und als Imprägnationen in Tuffen.
3. Schichtige Roteisensteinlagerstätten in Verbindung mit Diabastuffen, Eisenkiesel, und Kieselschiefer als Absätze submariner Exhalationen von Diabasen.

4. Thermalquellenabsätze und Thermalwässer im Bereich des erloschenen Vulkanismus.

B. LAGERSTÄTTEN DER SEDIMENTÄREN ABFOLGE.

I. Verwitterungszonen anstehender Gesteine und älterer Lagerstätten.

<sup>1</sup> Vergl. Fussnote Seite 198.

1. Soils.
    - (a) Humid soils, kaolinized surface-rock.
    - (b) Arid soils, saline crusts, lateritic surface-rock, calcareous surface-rock (e.g., Kunkur, or Kan-kar, of India).
  2. Oxidation and reduction zones of ore deposits.
- II. Mechanically sorted residuum of ore deposits.
1. Clastic sedimentary rocks of various facies.
  2. Places (alluvial) deposits containing diamonds, gold, platinum, cassiterite, magnetite, precious stones, etc.
  3. Clastic iron-ore deposits.
- III. Deposits formed by weathering, on land surfaces.
1. Deposits containing alumina and silicates. Deposits containing kaolin, clay, bauxite, magnesium silicates, gelatinous magnesite nickel silicates.
  2. Iron and manganese deposits formed by weathering. Iron and manganese ores on limestones and shales, bean (pisolitic) ore, basaltic iron ore, ironstone crust.
  3. Phosphatic deposits formed by weathering.
  4. Deposits formed by concentration, in arid isolated basins, within the bleached zones of red-coloured terrestrial detritus, with or without plant remains.
5. Terrestrial salt deposits. Chlorides, carbonates, sulphates, borates, nitrates.
- IV. Veins formed by descending meteoric waters, replacement deposits, cavity-filling and impregnations, in deep ground-water zones with, or without, the aid of lateral secretion.
- V. Deposits precipitated in sea-water and in terrestrial surface waters, partly by inorganic chemical, and partly by biochemical processes.
1. Limestones and dolomites of various facies.
  2. Marine siliceous rocks.
  3. Terrestrial biochemical deposits.
    - (a) Kieselgur, infusorial earth, etc.
    - (b) Phytogenetic calc-tuffs, etc.
  4. Guano and phosphate beds.
  5. Iron ore deposits.
    - (a) Swamp iron ore, bog ore, lake ores, "white" iron ore, black-band iron ore (carbonaceous iron ore).

1. Böden.
  - (a) Humide Böden, Kaolinisierungsringen.
  - (b) Aride Böden, Salzböden, Lateritrinden, Oberflächenkalk.
2. Oxydations- und Zementationszonen von Erzlagern.
- II. Mechanisch aufbereiteter Verwitterungsrückstand.
  1. Klastische Sedimentgesteine verschiedener Faziesbezirke.
  2. Seifenlagerstätten mit Diamant, Gold, Platin, Zinnerz, Magnetit, Edelsteinen usw.
  3. Eisentrümmerlagerstätten.
- III. Verwitterungslagerstätten auf dem Festland.
  1. Tonerde- und Silikatlagerstätten. Kaolin, Ton, Bauxit, Magnesiasilikate, Gelmagnesit, Nickelsilikat-lagerstätten.
  2. Eisen- Manganverwitterungslagerstätten. Eisen-Manganerze auf Kalken und Schiefen, Bohnerze, Basalteisenerze, Krusteneisenstein.
  3. Phosphatverwitterungslagerstätten.
  4. Konzentrationslagerstätten in ariden Schuttwannen innerhalb von Bleichungs-zonen roter terrestrischer
    - Schuttgesteine ± Pflanzenresten. Lagerstätten mit ged. Kupfer, Kupferglanz, Rotkupfer, Silbererzen, Vanadium- und Uranerzen.
  5. Terrestrische Salzablagerungen. Chloride, Karbonate, Sulfate, Borate, Nitrate.
- IV. Deszendente Gänge, Verdrängungslagerstätten, Höhlenfüllungen und Imprägnationen im Bereich des tieferen Grundwassers mit oder ohne Beteiligung von Lateralsekretion.
- V. Ausscheidungslagerstätten im Meer und in terrestrischen Oberflächengewässern, zum Teil anorganisch-chemisch, zum Teil biochemisch entstanden.
  1. Kalke und Dolomite verschiedener Faziesbezirke.
  2. Marine Kieselgesteine.
  3. Terrestrische biochemische Ablagerungen.
    - (a) Kieselgur, Infusorienerde usw.
    - (b) Phytogener Kalktuff usw.
  4. Guano- und Phosphatlager.
  5. Eisenerz-lager.
    - (a) Raseneisenerze, Sumpferze, Seerze, Weiss-eisenerz, Kohleneisenstein.

(b) Marine oolitic limonitë ores, marine iron-silicate ores.

6. Marine manganese ore deposits.

7. Deposits formed by circulation of sulphur. Sedimentary marine sulphide beds, kupferschiefer, alum shales, sedimentary deposits of sulphates and sulphur.

VI. Marine salt deposits.

VII. Deposits of combustible material from organic remains (kaustobiolites). Peat, brown coal, bituminous coal, bituminous rock, asphalt, oil shales, oil-bearing limestones, petroleum, natural gas, helium.

#### C. DEPOSITS OF METAMORPHIC ORIGIN.<sup>1</sup>

I. Metamorphic rock of the epi-, meso-, and kata-zone.

II. Deposits altered as the result of metamorphism caused by dislocations or by sinking movements.

III. Rocks and deposits altered by thermal contact-metamorphism.

IV. Secretion deposits caused by metamorphism, Alpine "cleft"-minerals.

<sup>1</sup> The German term "Abfolge" is difficult to translate into English. It refers to the whole of the magmatic, or sedimentary, or metamorphic processes. The English term "Origin" is the most suitable word to convey its meaning here.

(b) Marine oolithische Brauneisenerze, Marine Eisensilikaterze.

6. Marine Manganerzlagerstätten.

7. Lagerstätten des Schwefelkreislaufs. Sedimentäre marine Kieslager, Kupferschiefer, Alaunschiefer, sedimentäre Sulfat- und Schwefellagerstätten.

VI. Marine Salzlagerstätten.

VII. Lagerstätten der Kaustobiolithe. Torf, Braunkohle, Steinkohle, bituminöse Gesteine, Asphalt, Ölschiefer, Ölkalke, Erdöl, Erdgas, Helium.

C. LAGERSTÄTTEN DER METAMORPHEN ABFOLGE.<sup>1</sup>

I. Metamorphe Gesteine der Epi-, Meso-, und Katazone.

II. Durch Dislokations- oder Versenkungsmetamorphose umgebildete Lagerstätten.

III. Durch thermische Kontaktmetamorphose umgebildete Gesteine und Lagerstätten.

IV. Metamorph sekretionäre Lagerstätten, Alpine Kluft-mineralien.

<sup>1</sup> Der deutsche Ausdruck "Abfolge" lässt sich schwer ins Englische übersetzen. Er bezeichnet den Gesamtkomplex magmatischer oder sedimentärer oder metamorpher Vorgänge. Der englische Begriff "Origin" kommt seiner Bedeutung am nächsten.

# APPENDIX I(a). ANHANG I(a).

## ABBREVIATIONS FREQUENTLY USED IN GERMAN GEOLOGICAL LITERATURE.

### IN DER DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN LITERATUR HÄUFIG BENUTZTE ABKÜRZUNGEN.

a.a.O.	am angeführten Ort	<i>loc. cit.</i>
Abb.	Abbildung	figure
B.Bd.	Beilage Band	supplement
Bd.	Band	volume
bez.	beziehungsweise	conversely; on the other hand
bezgl.	bezüglich	with regard to
Centralbl.	Centralblatt	
Chem.	Chemie	chemistry
dgl.	dergleichen; dergleichen	the like; the same
d.h.	das heisst	that is; i.e.
dto.	ditto	ditto
Fig.	Abbildung	figure
Forts.	Fortsetzung	continuation
Fortschr.	Fortschritte	
Geol.	Geologie	geology
H.	Heft	parts of a volume
Handb.	Handbuch	Handbook
Jahrb.	Jahrbuch	Yearbook
Krist.	Kristallographie	crystallography
x	Kristall	crystal
l.c.	loco citato	<i>loc. cit.</i>
Min.	Mineralogie	mineralogy
nat. Gr.	natürliche Grösse	natural size
N.J. Min.	Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie	
u.s.w.		
+ Nic.	Gekreuzte Nicols	crossed nicols
Pal.	Paläontologie	palæontology
Petr.	Petrologie; Petrographie	petrology; petrography
resp.	respektive	respectively
S.	Seite	page
sog.	sogenannt	so called
u.a.	und andere(s)	and others
u.dgl.	und dergleichen	and the like
u.d.M.	unter dem Mikroskop	under the microscope
u.s.w.	und so weiter	and so forth; etc.
Verf.	Verfasser (Einzahl)	author
Verff.	Verfasser (Mehrzahl)	authors
vgl.	vergleiche	compare; cf.
vergr.	vergrössert	enlarged
z.B.	zum Beispiel	for example; e.g.
Zeitschr.; Z.	Zeitschrift	Journal
Zentralbl.	Zentralblatt	

# APPENDIX I(b).

## ANHANG I(b).

### ABBREVIATIONS FREQUENTLY USED IN ENGLISH GEOLOGICAL LITERATURE.

### IN DER ENGLISCHEN GEOLOGISCHEN LITERATUR HÄUFIG BENUTZTE ABKÜRZUNGEN.

App.	Appendix	Anhang
<i>aq.</i>	<i>aqua</i>	Wasser
C.	Centigrade	Celsius
Cf.	compare	vergleiche; vgl.
c.g.	Centigram	Centigramm
Chem.	Chemistry	Chemie
<i>cir.</i> ; <i>circ.</i>	<i>circa</i> ; about	ungefähr; etwa
cit.	citation	Anführung
cos.	cosine	Kosinus
cot.	cotangent	Kotangente
cwt.	hundredweight	Zentner
<i>del.</i> ; <i>delt.</i>	<i>delineavit</i>	er hat es gezeichnet
dept.	department	Bezirk
diam.	diameter	Durchmesser
<i>do.</i>	<i>ditto</i>	ditto; dasselbe
dwt.	pennyweight	
e.g.	<i>exempli gratia</i>	zum Beispiel
etc.	<i>et cetera</i>	und so weiter; u.s.w.
<i>et seq.</i>	<i>et sequentes</i> ; <i>sequentia</i>	und die folgenden; und fol- gende
F.; Fahr.	Fahrenheit	Fahrenheit
F.G.S.	Fellow of the Geological Society	Mitglied der geologischen Gesellschaft
fig.	figure	Abbildung
fm.; fathm.	fathom	Faden
fo.; fol.	folio	Folio
ft.	foot; feet	Fuss
fur.	furlong	Achtelmeile
Geol.	Geology	Geologie
<i>ib.</i> ; <i>ibid.</i>	<i>ibidem</i>	am selben Orte
<i>id.</i>	<i>idem</i>	dasselbe
<i>i.e.</i>	<i>id est</i>	das ist; das heisst
ins.	inches	Zoll
<i>in loc. cit.</i>	<i>in loco citato</i>	am angeführten Orte
<i>ital.</i>	<i>italics</i>	Kursivdruck
lb.	pound weight	Pfund
<i>Loc. cit.</i>	<i>loco citato</i>	am angeführten Orte



Metall.	Metallurgy	Hüttenkunde
MS	manuscript	Handschrift
MSS	manuscripts	Handschriften
Min. Mag.	Mineralogical Magazine	
m.s.l.	mean sea-level	mittlerer Meerespiegel
Mt.	mountain	Berg
Mts.	mountains	Gebirge
nat. size	natural size	natürliche Grösse
Nat. Hist.	Natural History	Naturgeschichte
N.B.	<i>nota bene</i>	Merkzeichen : wobei wohl zu merken
ozs.	ounces	Unze
p.	page	Seite
pp.	pages	Seiten
par.	paragraph	Abschnitt
per cent.	<i>per centum</i>	Prozent
seq.	<i>sequentes; sequentia</i>	die folgenden
Soc.	Society	Verein
sp. gr.	specific gravity	Gewicht
tan.	tangent	Tangente
Trans.	Transactions (of a learned Society)	Verhandlungen
U.S.A.	United States of America	die Vereinigten Staaten von Nordamerika
<i>ut sup.</i>	<i>ut supra</i>	wie oben
<i>vid.</i>	<i>vide</i>	man sehe; vgl.
<i>viz.</i>	<i>videlicet</i>	nämlich
vol.	volume	Band
vols.	volumes	Bände
wt.	weight	Gewicht

## APPENDIX II.

### ANHANG II.

#### CONVERSION TABLES OF ENGLISH AND GERMAN MEASURES, WEIGHTS, ETC.

##### VERGLEICHSTABELLE DER ENGLISCHEN UND DEUTSCHEN MAASSE, GEWICHTE u.s.w.

##### AVOIRDUPOIS WEIGHT. HANDELSGEWICHTE.

- 16 drachms or 437.5 grains = 1 ounce (oz.) = 28.350 Gramm.  
 16 ounces (ozs.) or 7,000 grains = 1 pound (lb.) = 0.4536 kg.  
 14 lbs. = 1 stone = 6.3502 kg.  
 28 lbs. = 1 quarter (qr.) = 12.7004 kg.  
 4 qrs., or 112 lbs. = 1 hundredweight (cwt.) = 50.8016 kg.  
 20 cwt., or 2,240 lbs. = 1 ton (long ton) = 1016.032 kg.  
 1 long ton = 2,240 lbs. = 1016.032 kg.  
 1 short (net) ton = 2,000 lbs. = 0.9072 metric tons = 907.2 kg.  
 1 metric ton = 2,204.6 lbs. = 1.1023 short (or net) tons = 0.9842 long  
 (gross) tons = 1,000 kg.  
 1 ounce per long ton = 0.003%.  
 1 ounce per short ton = 0.00343%.  
 1 gramme per metric ton = 0.0001%.  
 1 dollar's worth of gold per short ton = 0.000165%.  
 1 kilogramme = 2.2055 lbs. (avoirdupois).

##### TROY WEIGHT. EDELMETALLGEWICHTE.

- 24 grains = 1 pennyweight (dwt.) = 1.5552 Gramm.  
 20 dwt. = 1 ounce (troy) = 31.1035 Gramm.  
 12 ozs. = 1 lb. (troy) = 373.24 Gramm.  
 1 lb. (troy) is to 1 lb. (avoird.) as 144 is to 175.  
 For precious metals, 480 grains = 1 ounce (troy); 1 Gramm = 15.4325  
 grains (troy); 1 decagramme = 6.43 dwt.; 1 kilogramme = 2.6803  
 lbs. (troy).

##### LIQUID MEASURES. FLÜSSIGKEITSMASSE.

- 4 gills = 1 pint = 0.5679 Liter.  
 2 pints = 1 quart = 1.1359 Liter.  
 4 quarts = 1 gallon = 4.54346 Liter.  
 1 liter = 1.7608 pints; 1 decaliter = 2.201 gallons.  
 1 British Imperial gallon = 1.2003 U.S.A. gallons; 1 U.S.A. gallon =  
 3.7852 Liter.  
 1 barrel of crude petroleum (U.S.A.) = 42 U.S.A. gallons = 35 British  
 Imperial gallons.

## MEASURES OF LENGTH. LANGENMAASSE.

12 inches = 1 foot (ft.) = 0.3048 Meter.

3 feet = 1 yard (yd.) = 0.9144 Meter.

6 feet = 1 fathom (fm.) = 1.8288 Meter.

5½ yards = 1 rod, pole, or perch = 5.02911 Meter.

66 feet = 1 chain = 20.11644 Meter.

220 yds. = 1 furlong = 201.16437 Meter.

8 furlongs or 1,760 yds. = 1 statute mile = 1.6093 Kilometer.

7.92 inches = 1 link; 25 links = 1 pole; 100 links = 66 feet = 1 chain = 20.11644 Meter.

6,080 feet = 1 nautical mile, or knot = 1.8533 Kilometer.

1 millimeter = 0.03937 inches; 1 meter = 39.37079 inches.

1 meter = 1.0936 yards; 1 km. = 0.6214 statute miles

## SQUARE MEASURE. FLACHENMAASSE.

144 square inches = 1 square foot = 0.0929 Quadratmeter.

9 sq. ft. = 1 sq. yard = 0.8361 Quadratmeter.

30½ sq. yds. = 1 sq. pole = 25.290 Quadratmeter.

16 sq. poles = 1 sq. chain = 404.7 Quadratmeter.

4,840 sq. yds. = 1 acre = 0.4047 Hectar.

640 acres = 1 square mile = 2.5900 Quadratkilometer.

1 Are (100 square meters) = 0.098845 rood.

1 Hectare = 2.471143 acres.

1 Centiare = 1.96033 sq. yd.

## CUBIC MEASURE. KUBIKMAASSE.

1,728 cubic inches = 1 cubic foot = 0.0283 Kubikmeter.

27 cubic feet = 1 cubic yard = 0.7646 Kubikmeter.

## TEMPERATURE MEASURES. TEMPERATURMAASSE.

0° Centigrade (Celsius) = 32° Fahrenheit = 0° Réaumur

100° C = 212° F = 80° R

$$C = \frac{F-32}{9} \times \frac{5}{4}; 1^{\circ}C = 1.8^{\circ}F; 1^{\circ}F = 0.556^{\circ}C$$

Conversion Formulae. Umrechnungsformeln.

$$x^{\circ}F = (x-32) \times \frac{5}{9} C$$

$$x^{\circ}C = x^{\circ} \times \frac{9}{5} + 32^{\circ}F$$

# APPENDIX III.

## ANHANG III.

### DIE CHEMISCHEN ELEMENTE.

### THE CHEMICAL ELEMENTS.

<i>Symbol.</i> <i>Symbol.</i>	<i>Deutscher Name.</i> <i>German Name.</i>	<i>Englischer Name.</i> <i>English Name.</i>
Ac	Actinium	Actinium
Ag	Silber	Silver
Al	Aluminium	Aluminium
Ar	Argon	Argon
As	Arsen	Arsenic
Au	Gold	Gold
B	Bor	Boron
Ba	Barium	Barium
Be	Beryllium	Beryllium (Glucinium)
Bi	Wismut	Bismuth
Br	Brom	Bromine
Bv	Brevium	Brevium
C	Kohlenstoff	Carbon
Ca	Calcium	Calcium
Cd	Cadmium	Cadmium
Ce	Cerium, Cer	Cerium
Cl	Chlor	Chlorine
Co	Kobalt	Cobalt
Cr	Chrom	Chromium
Cs	Caesium	Cesium
Cu	Kupfer	Copper
Dy	Dysprosium	Dysprosium
Er	Erbium	Erbium
Eu	Europium	Europium
F	Fluor	Fluorine
Fe	Eisen	Iron
Ga	Gallium	Gallium
Gd	Gadolinium	Gadolinium
Ge	Germanium	Germanium
H	Wasserstoff	Hydrogen
He	Helium	Helium
Hg	Quecksilber	Mercury
Ho	Holmium	Holmium
In	Indium	Indium
Ir	Iridium	Iridium
I	Jod	Iodine
K	Kalium	Calcium
Kr	Krypton	Krypton

<i>Symbol.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>Englischer Name</i>
<i>Symbol.</i>	<i>German Name.</i>	<i>English Name.</i>
La	Lanthan	Lanthanum
Li	Lithium	Lithium
Lu	Lutetium	Lutecium
Ma	Masurium	Masurium
Mg	Magnesium	Magnesium
Mn	Mangan	Manganese
Mo	Molybdän	Molybdenum
N	Stickstoff	Nitrogen
Na	Natrium	Sodium
Nb	Niob	Niobium
Nd	Neodym	Neodymium
Ne	Neon	Neon
Ni	Nickel	Nickel
O	Sauerstoff	Oxygen
Os	Osmium	Osmium
P	Phosphor	Phosphorus
Pb	Blei	Lead
Pd	Palladium	Palladium
Po	Polonium	Polonium
Pr	Praseodym	Praseodymium
Pt	Platin	Platinum
Ra	Radium	Radium
Rb	Rubidium	Rubidium
Re	Rhenium	Rhenium
Rh	Rhodium	Rhodium
Ru	Ruthenium	Ruthenium
S	Schwefel	Sulphur
Sb	Antimon	Antimony
Sc	Scandium	Scandium
Se	Selen	Selenium
Si	Silicium	Silicon
Sm	Samarium	Samarium
Sn	Zinn	Tin
Sr	Strontium	Strontium
Ta	Tantal	Tantalum
Tb	Terbium	Terbium
Te	Tellur	Tellurium
Th	Thor	Thorium
Ti	Titan	Titanium
Tl	Thallium	Thallium
Tu	Thulium	Thulium
U	Uran	Uranium
V	Vanadium	Vanadium
W	Wolfram	Tungsten
X	Xenon	Xenon
Y	Yttrium	Yttrium
Yb	Ytterbium	Ytterbium
Zn	Zink	Zinc
Zr	Zirkonium	Zirconium

# APPENDIX IV. ANHANG IV.

## DEUTSCHE MINERALNAMEN. GERMAN MINERAL NAMES.

<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>
Abraumsalze	Salts of K and Mg in Ger- man salt de- posits	Anglesit	Anglesite
Achat	Agate	Anhydrit	Anhydrite
Achroit	Achroite	Ankerit	Ankerite
Adamin, Adamit	Adamite	Annabergit	Annabergite
Adlerstein	Clay ironstone	Anomit	Anomite
Adular	Adularia	Anorthit	Anorthite
Aegirin	Ægirine, Æcmit	Anorthoklas	Anorthoclase
Aegirinaugit	Ægirine augite	Anthophyllit	Anthophyllite
Aenigmatit	Ænigmatite	Anthrazit	Anthracite
Agalmatolith	Agalmatolite	Anthrakonit	Black calcite
Akanthit	Acanthite	Antigorit	Antigorite
Akmit	Æcmit	Antimon, gediegen	Native anti- mony
Aktinolith	Actinolite	Antimonarsen, <i>see</i> Allemontite	Allemontite
Alabandin	Alabandite	Antimonarsenfahl- erz	Tetrahedrite
Alabaster	Alabaster	Antimonblende	Kermesite
Alaun	Alum	Antimonblüte	Valentinite
Alaunstein	Alumstone	Antimonfahlerz	Tetrahedrite
Albit	Albite	Antimonglanz	Antimonite
Alexandrit	Alexandrite	Antimonnickel, <i>see</i> Breithauptit	Breithauptite
Algodonit	Algodonite	Antimonnickelglanz, <i>see</i> Ullmannite	Ullmannite
Allanit	Allanite	Antimonocker	Cervantite
Allemontit	Allemontite	Antimonsilber	Dyscrasite
Allopalladium	Allopalladium	Antimonsilberblende, <i>see</i> Pyrrargyrit	Pyrrargyrite
Allophan	Allophane	Apatit	Apatite
Almandin	Almandite	Aplom, <i>see</i> Andradit	Andradite
Aluminit	Aluminite	Apophyllit	Apophyllite
Alunit	Alunite	Aquamarin	Aquamarine
Amalgam	Amalgam	Aragonit	Aragonite
Amazonenstein	Amazonstone	Arfvedsonit	Arfvedsonite
Amblygonit	Amblygonite	Argentit	Argentite
Amethyst	Amethyst	Argentopyrit	Argentopyrite
Amiant	Amphibole asbestos	Argyrodit	Argyrodite
Amphibol	Amphibole	Arizonarubin, <i>see</i> Pyrop	Pyrope
Analcim	Analcite	Arsen, gediegen	Native arsenic
Anatas	Anatase	Arsenantimonnickel- glanz	Corynite
Andalusit	Andalusite	Arsenblende, gelbe	Orpiment
Andesin	Andesine		
Andorit	Andorite		
Andradit	Andradite		

<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>
Arsenblende, rote	Realgar	Beilsstein, <i>see</i> Ne-	
Arsenblüte	Arsenite	phrit	Nephrite
Arseneisen, <i>see</i>		Benitoid	Benitoite
Arsenikalkies	Löllingite	Bergbutter	Impure iron alum
Arsenfahlerz	Tennantite	Berggold	Gold in the rock
Arsenglanz, <i>see</i>	Allotropic form	Bergholz	"Mountain Wood"
Arsenolamprite	of arsenic	Bergkork	"Mountain Cork"
Arsenik, <i>see</i> Arsen	Arsenic	Bergkristall	Rock crystal
Arsenikalkies	Löllingite	Bergleder	"Mountain Leather"
Arsenikkies, <i>see</i>		Bergmehl	Earthy lime- stone
Arsenkies	Arsenopyrite	Bergmilch, <i>see</i>	
Arsenit	Arsenite	Bergmehl	"Rock milk"
Arsenkies	Arsenopyrite	Bergöl	Petroleum
Arsenkupfer, <i>see</i>		Bergpech	Asphaltum
Domeykite	Domeykite	Bergzinn	Cassiterite in the rock
Arsennickel, <i>see</i>		Bernstein	Amber
Rotnickelkies	Niccolite	Berthierit	Berthierite
Arsennickelglanz,		Beryll	Beryl
<i>see</i> Gersdorffit	Gersdorffite	Berzelianit	Berzelianite
Arsennickelkies, <i>see</i>		Bildstein	Agmatolite
Chloanthit	Chloanthite	Binarkies	Marcasite
Arsenolamprit	Allotropic form of arsenic	Biotit	Biotite
		Bittersalz	Epsomite
Arsenolith, <i>see</i>		Bitterspat	Dolomite
Arsenit	Arsenite	Bitumen	Bitumen
Arsenopyrit	Arsenopyrite	Blattererz	Nagyagite
Arsensilberblende,		Blätterkohle	Brown Coal
<i>see</i> Proustite	Proustite	Blätterserpentin	Antigorite
Asbest	Abestos	Blättertellur, <i>see</i>	
Asbolan	Asbolane	Blättererz	Nagyagite
Astrakanit	Blüdit	Blaubleierz, <i>see</i>	
Astrophyllit	Astrophyllite	Pyromorphit	Pyromorphite
Atacamit	Atacamite	Blaueisenerz	Vivianite
Atlasspat	"Satinspar," CaCO <sub>3</sub> var.	Blauspat	Lazulite
		Blei, gediegen	Native lead
Augit	Pyroxene	Bleierde	Earthy cerussite
Auripigment	Orpiment		Massicot
Aventurinquarz	Aventurine quartz	Bleiglätte	Galenä
		Bleiglanz	
Awaruit	Awaruite	Bleiglas, <i>see</i>	
Axinit	Axinite	Anglesit	Anglesite
Azurit	Azurite	Bleiglimmer	Plumbogum- mite
Babylonquarz	Babylonian quartz	Bleihornerz, <i>see</i>	
Balkeneisen	Kamacite	Phosgenit	Phosgenite
Bandeisen	Tänite	Bleilasur, <i>see</i>	
Bandjaspis	Banded jasper	Linarit	Linarite
Barkevikit	Barkevikite	Bleinere	Bindheimite
Baryt	Barytes, Barite	Bleiocker, <i>see</i>	
Barytfeldspat	Hyalophane	Bleiglätte	Massicot
Barytocalcit	Barytocalcite	Bleischweif	Foliated galena
Barytosalpeter	Nitrobarite	Bleivitriol, <i>see</i>	
Baryumnitrat, <i>see</i>		Anglesit	Anglesite
Barytosalpeter	Nitrobarite		
Bastit	Fastite		
Bauxit	Bauxite		
Beauxit, <i>see</i> Bauxit	Bauxite		

<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>
Blende, <i>see</i> Zink- blende	Sphalerite, Zinc blende	Carnotit	Carnotite
Blutstein	Kidney ore	Carrolit	Carrollite
Bohnerz	Pisolithic limonite	Celsian	Celsian
Bol (Bulus)	Bole	Cer-Epidot	Orthite, Allanite
Bologneser Spat	var. of Barytes	Cerit (Cerinstein)	Cerite
Boracit	Boracite	Cerussit	Cerussite
Borax	Borax	Chabasit	Chabazite
Bornit	Bornite	Chalcedon	Chalcedony
Borsaure	Sassolite	Chalmersit	Cubanite
Bort	Bort	Chamosit	Chamosite
Boulangerit	Boulangerite	Chessylith, <i>see</i> Kupferlasur	Azurite
Bournonit	Bournonite	Chiastolith	Chiastolite
Branderz	Bituminous cinnabar	Chilesalpete	Chile saltpetre
Braunbleierz	var of Pyro- morphite	Chloanthit	Chloanthite
Brauneisenerz	Limonite	Chlorammonium, <i>see</i> Salmiak	Salammoniac
Brauneisenocker	Limonite	Chlorblei	Cotummitte
Brauneisenstein	Limonite	Chlorbromsilber	Embolite
Braunerz	Weathered siderite	Chlorit	Chlorite
Braunit	Braunite	Chloritoid	Chloritoid
Braunkohle	Brown Coal	Chloritpsat, <i>see</i> Chloritoid	Chloritoid
Braunmanganerz	Manganite	Chlorkalium, <i>see</i> Sylvin	Sylvite
Braunspat	Dolomite with Ankerite	Chlornatrium, <i>see</i> Steinsalz	Rocksalt
Braunstein	Pyrolusite with Manganite	Chloropal	Chloropal
Breithauptit	Breithauptite	Chlorospinell	Green spinel
Brillant, Brilliant	Brilliant (diamond)	Chlorotil	Chlorotile
Brochantit	Brochantite	Chlorquecksilber	Calomel
Bromsilber	Bromyrite	Chlorsilber	Cerargyrite
Bronzit	Bronzite	Chondrodit	Chondrouite
Brookit	Brookite	Christobalit	Cristobalite
Brucit	Brucite	Chrombleierz, <i>see</i> Rotbleierz	Crocoite
Bündelzeolith, <i>see</i> Desmin	Stilbite	Chromdiopsid	Chrome diopside
Buntbleierz	var. of Pyro- morphite	Chromeisenerz	Chromite
Buntkupferkies	Bornite	Chromglimmer	Fuchsile
Byssolith, <i>see</i> Amiant	Amphibole asbestos	Chromgranat	Uvarovite
Bytownit	Bytownite	Chromit	Chromite
Calamin	Hemimorphite (Calamine in U.S.A.)	Chromspinell	Picotite
Calaverit	Calaverite	Chrysoberyll	Chrysoberyll
Calcit	Calcite	Chrysokoll	Chrysocolla
Caledonit	Caledonite	Chrysopras	Chrysoprase
Caliche	Caliche	Chrysotil	Chrysotile
Cancrinit	Cancrinite	Citrin	Citrine
Canfieldit	Canfieldite	Clausthalit	Clausthalite
Carbonado	Carbonado	Clintonit	Clintonite
Carnallit	Carnallite	Coelestin	Celestite
Carneol	Carnelian	Cohenit	Cohenite
		Colemanit	Colemanite
		Columbit	Columbite
		Coloradoit	Coloradoite
		Comptonit	Thomsonite
		Copiapite	Copiapite
		Cordierit	Cordierite, Iolite



<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>
Cosalit	Cosalite	Eisenglanz	Hematite
Cossyrit	Cossyrite	Eisenglimmer	Micaceous hematite
Covellin, <i>see</i> Kupferindig	Covellite	Eisenkies	Pyrite
Cuban (Cubanit)	Cubanite	Eisenkiesel	Ferri ferous quartz
Cuprit, <i>see</i> Rotkupfererz	Cuprite	Eisenkobaltkies, <i>see</i> Safflorit	Safflorite
Cuprodescloizit	Cuprodescloizite	Eisenmeteoriten	Iron Meteorites
Cyanit, <i>see</i> Disthen	Kyanite, Cyanite	Eisenmulm	Earthy limonite
Cymophan, <i>see</i> Chrysoberyll	Chrysoberyl	Eisennickelkies, <i>see</i> Pentlandit	Pentlandite
Cyprin	var. of Vesuvianite	Eisenniere	Kidney ore
		Eisenoolith	Oolitic limonite
Damourit	Damourite	Eisenplatin	Magnetic platinum
Danait	Danaite	Eisenrahm	Micaceous hematite
Danburit	Danburite	Eisenrose	Hematite as rosettes
Datolith	Datolite		Siderite
Davyn	var. of Nephelite	Eisenspat	Pleonaste
Demant, <i>see</i> Diamant	Diamond	Eisenspinell	Almandite
Demantspat	Corundum	Eisentongranat	Melanterite
Descloizit	Descloizite	Eisenvitriol	Monheimite
Desmin	Stilbite	Eisenzinkspat	Sanidine
Diallag	Diallage	Eissspat, <i>see</i> Sanidin	Elæolite,
Diamant	Diamond		Nepheline
Diaspor	Diaspore	Elektrum	Electrum
Dichroit, <i>see</i> Cordierit	Cordierite	Embolit	Embolite
Dimorphin, <i>see</i> Auripigment	Orpiment	Enargit	Enargite
Diopsid	Diopside	Enhydros	var. of Agate
Dioplas	Diopase	Enstatit	Enstatite
Disthen	Kyanite, Cyanite	Epidot	Epidote
Dolomit	Dolomite	Epsomit, <i>see</i> Bittersalz	Epsomite
Dolomitspat, <i>see</i> Dolomit	Dolomite	Erdkobalt	Cobalt earth
Domeykit	Domeykite	Erbsenstein	Pisolite
Doppelspat	Iceland spar	Erdkobalt, schwarz, <i>see</i> Asbolan	Asbolane
Dufrenit, <i>see</i> Kraurit	Dufrenite	Erdöl	Petroleum
Dumortierit	Dumortierite	Erdpech	Asphaltum
Durangit	Durangite	Erdteer	Viscous petroleum
Dyskrasit	Dyscrasite	Erdwachs	Osokerite
Edelerden	Rare earths	Erinit	Erinito
Edelsteine	Precious stones	Eruptivquarz	Quartz from magma
Edenit	Green amphibole	Erze	Ores
Egeran, <i>see</i> Vesuvian	Vesuvianite	Eugenglanz, <i>see</i> Polybasit	Polybasite
Eis	Ice	Euklas	Euclase
Eisen, meteorisches	Meteoritic Iron	Euxenit	Euxenite
Eisenblüte	"Flos Ferri"	Fahlerz	Tetrahedrite
Eisenchlorid	Molybite	Fahlerz, dunkles	Freibergite
Eisenchlorit	Delessite	Fahlerz, liches	Tennantite

<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>
Famatinit	Famatinite	Gedrit	Gedrite
Farverden	Mineral colours	Gehlenit	Gehlenite
Fasergips	Fibrous gypsum	Gekrösestein	Tripestone
Faserkiesel	Sillimanite and quartz, intergrown	Gele	Gel
Faserkalk	Satin spar, $\text{CaCO}_3$ var.	Gelbbleierz, <i>see</i> Wulfenit	Wulfenite
Faserquarz	Fibrous quartz	Gelbeisenstein, <i>see</i> Brauncisenstein	Limonite
Faserseerpentin	Chrysotile	Gelberz, <i>see</i> Krennerit	Krennerite
Faserzeolith, <i>see</i> Natrolith	Natrolite	Gelbnickelkies, <i>see</i> Millerit	Millerite
Fassaite	Fassaite	Geokronit	Geocronite
Fayalit	Fayalite	Gibbsit	Gibbsite
Federchalcedon	var. of Chalcedony	Gigantolith	Mica after cordierite
Federerz, <i>see</i> Jamesonit	Jamesonite	Gilbertit	Gilbertite
Feldspat	Feldspar	Gips	Gypsum
Ferberit	Ferberite	Glanzbraunstein, <i>see</i> Hausmannit	Hausmannite
Fergusonit	Fergusonite	Glanzeisenerz	Specularite
Fettkohle	Cannel Coal	Glanzkobalt	Cobaltite
Feuerblende	Pyrostilpnite	Glanzkohle	Anthracite
Feueropal	Fire opal	Glaserz, <i>see</i> Silberglanz	Argentite
Feuerstein	Flint	Glaskopf, brauner	Limonite (kidney form)
Fibrolith, <i>see</i> Sillimanit	Sillimanite	Glaskopf, roter	Hematite, Kidney ore
Flammkohle	Flaming Coal	Glaskopf, schwarzer	var. of Psilomelane
Flint	Flint	Glasurerz	Coarse-grained galena
Flusspat	Fluorite, Fluorspar	Glaubersalz	Glauber Salt
Forsterit	Forsterite	Glaukonit	Glaucosite
Franckeit	Franckite	Glaukophan	Glaucophane
Franklinit	Franklinite	Glaukopyrit	Löllingite with CO etc.
Frauenglas	Clear gypsum flakes	Glimmer	Mica
Freibérgit	Freibergite	Göthit	Göthite
Freislebenit	Freislebenite	Gold, gediegen	Native gold
Fuchsit	Fuchsite	Goldamalgalam	Gold amalgam
Fülleisen	Plessite	Granat	Garnet
Gadolinit	Gadolinite	Granat, böhmischer, <i>see</i> Pyrop	Pyrope
Gänsekötigerz	Impure Iron-sinter	Granat, schwarzer, <i>see</i> Melanit	Melanite
Gagat	Jet	Graphit	Graphite
Gahnit	Gahnite	Graphitoid	Compact fine-grained graphite
Galenit, <i>see</i> Bleiglanz	Calena	Graubraunstein	var. of Polianite
Galenobismutit	Galenobismutite	Graumanganerz	Polianite
Galmel	Impure zinc carbonates and silicates	Grauspiessglanz, <i>see</i> Antimonglanz	Antimonite
Gangquarz	Vein quartz	Greenockit	Greenockite
Garnierit	Garnierite	Grossular	Grossularite
Gaskohle	Gas Coal	Grünbleierz	var. of Pyromorphite
Gaylussit	Gay-Lussite		

<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>
Grüneisenerz, <i>see</i>		Jamesonit	Jamesonite
Kraurit	Dufrenite	Jargon	Jargon
Grünerit	Grünerite	Jaspis	Jasper
Guldisches Silber	Auriferous Silver	Jaspopal	Jasopal
Gummit	Gummite	Jodit, <i>see</i> Jodsilber	Iodyrite
Haarkies, <i>see</i>		Jodobromit	Iodobromite
Millerit	Millerite	Jodsilber	Iodyrite
Haarsalz	Alemogen and Epsomite	Jolith, <i>see</i> Cordierit	Cordierite
Hämatit	Hematite	Kannelkohle	Cannel Coal
Halbopal	Semiopal	Kainit	Kainite
Halite	Halite	Kalifeldspat	Potash felspar
Harmotom	Harmotome	Kaliglimmer	Muscovite
Harz	Resin	Kalincphelin, <i>see</i>	
Hausmannit	Hausmannite	Kaliophilite	Kaliophilite
Hauyn	Hauyne	Kalisalpeter	Saltpetre
Hedenbergit	Hedenbergite	Kalisalz	Potash salts
Heliotrop	Heliotrope	Kalkchromgranat	Uvarovite
Helvin	Helvite	Kalkeisengranat	Andradite
Hemimorphit	Hemimorphite	Kalkfeldspat	Lime felspar
Hessit	Hessite	Kalkglimmer, <i>see</i>	
Hessonit	Hessonite	Margarit	Margarite
Heulandit	Heulandite	Kalkharmotom, <i>see</i>	
Himbeerspat	Rhodochrosite	Phillipsit	Phillipsite
Hohlspath, <i>see</i>		Kalkspat	Calcite
Chiastolith	Chiastolite	Kalkstein	Limestone
Holzopal	Wood opal	Kalktongranat	Grossularite
Holzzinn	Wood tin	Kalktuff	Tufa
Honigstein, Mellit	Mellite	Kallait	Turquoise
Hornblende	Hornblende	Kallochrom, <i>see</i>	
Hornsilber	Horn silver	Rotbleierz	Crocoite
Hornstein	Hornstone	Kalomel	Calomel
Hortonolith	Hortonolite	Kamacit	Kamacite
Hübnerite	Hübnerite	Kammkies	Cock's comb marcasite
Humite	Humite	Kaneelstein	Hessonite
Hyalit	Hyalite	Kaolin	Kaolin
Hyalophan	Hyalophane	Kaolinit	Kaolinite
Hyazinth	Hyacinth	Kapdiamanten	Cape diamonds
Hydrargillit	Hydrargillite	Karfunkel	Precious ruby
Hydroapatit, <i>see</i>		Kassiterit	Cassiterite
Phosphorit	Phosphorite	Kastor, <i>see</i> Petalit	Petalite
Hydrohämatit	Turgite	Katzenaue	Cat's-eye
Hydrophan	Hydrophane	Katzengold	Golden mica
Hypersthen	Hypersthene	Kerargyrite, <i>see</i>	
		Hornsilber	Cerargyrite
Idokras, <i>see</i>		Kermesitc, <i>see</i>	
Vesuvian	Idocrase	Rotspiessglanz	Kermesite
Ilmenit	Ilmenite	Kiese	Metallic-looking minerals
Ilyait	Ilyaitc	Kieselerde	Infusorial earth
Indigolith, Indicolith	Indicolite	Kieselgalmei	Zinc Silicate
Iridium	Iridium	Kieselgur	Infusorial earth
Iridosmium	Iridosmium	Kieselkalk	Siliceous limestone
Ittnerit, <i>see</i> Nosean	Nosean	Kieselkupfer, <i>see</i>	
Jade	Jade	Chrysokoll	Chrysocolla
Jadeit	Jadeite		
Jakobait	Jacobaite		

<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>
Kieselmangan, <i>see</i>		Kupferuranit,	Torbernite
Rhodonit	Rhodonite	Torbernit	Chalcanthite
Kieselschiefer	Lydian stone	Kupfervitriol	
Kieselsinter	Geyserite		
Kieseltuff, <i>see</i>		Labrador (Labra-	Labradorite
Kieselsinter	Siliceous sinter	dorit)	Compact
Kieselzinkerz	Zinc silicate	Lagerquarz	quartz
Kieselzinkspat, <i>see</i>		Lapis Lazuli	Lapis Lazuli
Kieselzinkerz	Hemimorphite	Lasurstein (Lasurit)	Lasurite
Kieserit	Kieserite	Laterit	Laterite
Klinochlor	Clinochlor	Lazulith	Lazulite
Klinohumit	Clinohumite	Leberblende, <i>see</i>	var. of
Klinozoisit	Clinozoisite	Schalenblende	Sphalerite
Kobaltarsenikies	Danaite	Leberkies	Hepatic
Kobaltblüte	Erythrite		marcasite
Kobaltglanz	Cobaltite		Loam
Kobaltkies	Linnæite	Lehm	Lepidolite
Kobaltmanganerz	Asbolite	Lepidolith	Lepidomelane
Kobaltnickelkies,		Lepidomelan	Lepidomelane
<i>see</i> Kobaltkies	Linnæite	Leptochlorit	Leptochlorite
Kochsalz, <i>see</i>		Leuchtenbergit, <i>see</i>	
Steinsalz	Rocksalt	Klinochlor	Chlinochlor
Kohle	Coal	Leucit, Leuzit	Leucite
Kohlenblende, <i>see</i>		Leukosapphir	Green Sapphire
Anthrazit	Anthracite	Leukoxen	Leucoxene
Kohleneisenerz	Black-band	Libethenit	Libethenite
	ironstone	Lievrit	Lievrite,
Kohlenwasserstoffe	Hydrocarbons		Ilvaite
Korallenerz	Hepatic	Limonit	Limonite
	cinnabar	Linarit	Linarite
Kornnähren, *	Chalcocite like	Linneit	Linnæite
Frankenberger	ears of corn	Lithioneisenglimmer	Zinnwaldite
Korund	Corundum	Lithionglimmer	Lithium mica
Kraurit	Dufrenite	Lithographischer	Lithographic
Kreide	Chalk	Stein	stone
Krennerit	Krennerite	Löllingite	Löllingite
Kreuzstein, <i>see</i>			
Harmotom	Harmotome	Magerkohle	Non-caking
Krokoit	Crocoite		coals
Krokydolith	Crocidolite	Magnesiaglimmer	Magnesian
Kryolith	Cryolite		mica
Kupfer, gediegen	Native copper	Magnesiumsalpeter	Nitromagnesite
Kupferantimonglanz,		Magnesiatongranat	Pyrope
<i>see</i> Wolfsbergit	Wolfsbergite	Magnet	Magnesite
Kupferblende	var. of	Magneteisenerz	Magnetite
	Tetrahedrite	Magnetkies *	Pyrrhotite
Kupferblüte	Chalcotrichite	Magnetopyrit, <i>see</i>	Magnetic
Kupferglanz	Chalcocite	Magnetkies	pyrites
Kupferglaserz, <i>see</i>		Malachit	Malachite
Kupferglanz	Chalcocite	Malakolith	Malacolite
Kupfergrün, <i>see</i>		Malakon	Malacon
Chrysokoll	Chrysocolla	Manganapatit	Apatite con-
Kupferindig	Covellite		taining Mn
Kupferkies	Chalcopyrite	Manganblende	Alabandite
Kupferlasur	Azurite	Manganepidot	Piedmontite
Kupfernickel	Niccolite	Manganit	Manganite
Kupferschwärze	Earthy tenorite	Mangankies, <i>see</i>	
Kupfersmaragd,		Hauerit	Hauerite
<i>see</i> Dioptas	Dioptase		

<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>
Manganomelan	Bog manganese ore	Moosachat	Moss agate
Manganschaum, <i>see</i> Wad	Wad	Mottramit	Mottramite
Manganschwärze	Earthy psilomelane	Murchisonit	Murchisonite
Manganspat	Rhodochrosite	Muschelmarmor	Shelly marble
Mangantongranat	Spessartite	Muskovit	Muscovite
Margarit	Margarite	Nadeleisenerz	Göthite
Marialith	Marialite	Nadelzeolith, <i>see</i> Natrolith	Natrolite
Marienglas	Clear plates of gypsum	Nadelzinn	"Sparable tin"
Markasit	Marcasite	Nagyagit	Nagyagite
Marmor	Marble	Nakrit	Lithomarge
Martit	Martite	Naphta	Naphtha
Meerschäum	Meerschäum	Natrocaltite, <i>see</i> Gaylüssit	Gay-Lussite
Meigen'sche Probe	Meigen's Test	Natrolith	Natrolite
Mejonit	Meionite	Natronfeldspat	Soda-felspar
Melanglanz, <i>see</i> Stephanit	Stephanite	Natronglimmer	Soda-mica
Melanit	Melanite	Natronmikroklin	Anorthoclase
Melilith	Melilite	Natronorthoklas	Soda-ortho- "clase
Melonit	Melonite		Soda nitre
Mennige	Minium	Natronsalpeter	
Merkurblende, <i>see</i> Zinnober	Cinnabar	Neftgil, <i>see</i> Erdwachs	Osokerite
Meroxen, <i>see</i> Biotit	Biotite	Neotyp	Calcite with little Ba
Mesitinspat, <i>see</i> Breunerit	Breunnerite	Nephelin	Nepheline
Mesotyp, <i>see</i> Natrolith	Natrolite	Nephrit	Nephrite
Messingblüte	Aurichalcite	Nichtmetalle	Non-metals
Metalle	Metals	Nickelblüte	Annabergite
Metalloide	Metalloids	Nickelin, <i>see</i> Rotnickelkies	Niccolite
Metastibnit	Amorphous arsenopyrite	Nickelkies, <i>see</i> Millerit	Millerite
Meteoreisen	Meteoric iron	Nickelsmaragd	Zaratite
Mikroklin	Microcline	Nickelvitriol	Morenosite
Milchopal	Milky opal	Nierenkies	var. of Chalcopryrite
Milchquarz	Milky quartz	Nigrin	Black rutile
Mildglanzert, <i>see</i> Polybasit	Polybasite	Niobit, <i>see</i> Columbit	Columbite
Millerit	Millerite	Normaldolomit	Normal dolomite
Mimetesit	Mimetesite	Nosean	Nosean
Mispickel, <i>see</i> Arsenikies	Arsenopyrite	Ocker	Ochre
Mohrenkopf	var. of Tourmaline	Oktäëdrit	Anatase
	Mocha stone, Moss agate	Oligoklas	Oligoclase
		Oligonspat	Siderite with Mn
Molybdänbleispat, <i>see</i> Wulfenit	Wulfenite	Olivenerz, <i>see</i> Olivent	Ölivenite
Molybdänglanz	Molybdenite	Olivin	Olivine
Molybdänocker	Molybdite	Omphacit	Omphacite
Monazit	Monazite	Onyx	Onyx
Mondstein	Moonstone	Onyxmarmor	Onyx marble
Monticellit	Monticellite	Oolithischer Kalk	Oolitic lime- stone
Montmilch, <i>see</i> Bergmilch	var. of Asbestos	Opal	Opal

<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>
Opferment, <i>see</i>		Plasma	Plasma
Auripigment	Orpiment	Platin, gediegen	Native platinum
Ornamentmarmor	Ornamental marble	Plattnerit	Plattnerite
Orthit	Orthite, Allanite	Pleonast	Pleonaste
Orthoklas	Orthoclase	Plessit	Plessite
Oxalit	Humboldtite	Plumbocalcit	Plumbocalcite
Ozokerit, <i>see</i>		Plumosit, <i>see</i>	
Erdwachs	Osokerite	Jamesonit	Jamesonite
		Plusinglanz, <i>see</i>	
Palladium	Palladium	Argyrodit	Argyrodite
Palladiumgold	Porpezite	Polianit	Polianite
Pandermit	Pandermite	Polierschiefer	Tripoli slate
Papierkohle	Sapropelit	Polybasit	Polybasite
Paraffin	Paraffin	Polychroit, <i>see</i>	
Paragonit	Paragonite	Cordierit	Cordierite
Parasit	Parasite	Polyhalit	Polyhalite
Pargasit	Pargasite	Porricin	Acicular pyroxene
Patronit	Patronite	Porzellanerde	Kaolin
Paulit, <i>see</i>		Frasen	Prase
Hypersthen	Hypersthene	Prasopal	Green opal
Pechblende	Pitchblende	Prehnit	Prehnite
Pechkohle	Compact brown coal	Probienstein	Lydian stone
		Proustit	Proustite
Pechopal	Resin opal	Pseudobrookit	Pseudo-brookite
Pechuran, rotes	Gurhmite		
Pektolith	Pectolite	Pseudoleucit	Pseudoleucite
Pellom, <i>see</i> Cordierit	Cordierite	Psilomelan	Psilomelane
Pennin	Penninite	Punamustein, <i>see</i>	
Pentlandit	Pentlandite	Nephrit	Nephrite
Peridot, <i>see</i> Olivin	Olivine	Pyknit	var. of Topaz
Periklas	Periclase	Pyrargyrit	Pyrargyrite
Periklin	Pericline	Pyrit	Pyrite
Perlglimmer, <i>see</i>		Pyrolusit	Pyrolusite
Margarit	Margarite	Pyromorphit	Pyromorphite
Perlsinter	var. of Hyalite	Pyrop	Pyrope
Perlspar	Perl-spar	Pyrophyllit	Pyrophyllite
Perowskit	Perovskite	Pyrostibit, <i>see</i>	
Perthit	Perthite	Retspiessglanz	Kermesite
Petroleum	Petroleum	Pyroxen	Pyroxene
Petzit	Petzite	Pyrrhotin, <i>see</i>	
Phakolith, <i>see</i>		Magnetkies	Pyrrhotite
Chabasit	Chabasite		
Phengit, <i>see</i>		Quarz	Quartz
Muskovit	Muscovite	Quarzin	var. of acicular quartz
Phillipsit	Phillipsite	Quecksilber, gediegen	Native mercury
Phlogopit	Phlogopite	Quecksilberfahlerz	Tetrahedrite
Phosgenit	Phosgenite		with Hg
Phosphorit	Phosphorite	Quecksilberhornerz	Calomel
Phosphormangan, <i>see</i> Triplit			
Picotit	Triplit		
Piedmontit	Picotite	Rabenglimmer	var. of Zinnwa'dite
Pinit	Piedmontite	Rädelerz	Bournonite, "wheel ore"
Pinitoid	Pinite	Rammelsbergit	Rammelsbergite
	Muscovite after felspar or cordierite		
Pisolith	Pisolite	Raseneisenstein	Bog iron ore
Pistazit, <i>see</i> Epidot	Epidote	Rauchquarz	Smoky quartz
Plagioklas	Plagioclase		

<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>
Rauchtopas	Smoky quartz (not Topaz)	Sapphirquarz	Blue quartz
Rauhkalk, <i>see</i> Dolomit	Dolomite	Sardonyx, Sarder	Sardonyx
Rauschgelb, <i>see</i> Auripigment	Orpiment	Sassolin	Sassolite
Rauschrot, <i>see</i> Realgar	Realgar	Saussurit	Saussurite
Realgar	Realgar	Schalenblende	var. of Sphalerite
Reichardt, <i>see</i> Bittersalz	var. of Epsomite	Schaumgips	Pure white gypsum
Rheinkiesel	Quartz in alluvium	Scheelbleierz	Stolzite
Rhipidolith, <i>see</i> Prochlorit	Prochlorite	Scheelit	Scheelite
Rhodiumgold	Gold with Rhodium	Scheelspat, <i>see</i> Scheelit	Scheelite
Rhodochrom, <i>see</i> Kämmererite	Kämmererite	Scherbenkobalt	Native arsenic (not Cobalt)
Rhodochrosit	Rhodochrosite	Schieferspat	var. of Calcite, with curved faces
Rhodonit	Rhodonite	Schillerspat, <i>see</i> Bastit	Bastite
Riebeckit	Riebeckite	Schörl	Schorl
Röschgewächs, <i>see</i> Stephanit	Stephanite	Schreibkreide	Chalk
Rötel	Reddle	Schrifterz	Sylvanite
Rogenstein	Oolitic lime- stone	Schrifttellur, <i>see</i> Schrifterz	Sylvanite
Roscoelith	Roscoelite	Schwarzseepetz, <i>see</i> Magnetisenerz	Magnetite
Rotbleierz	Crocoite	Schwarzgülig, <i>see</i> Stephanit	Stephanite
Roteisen	Fine-grained hematite	Schwarzkohle, <i>see</i> Steinkohle	Bituminous Coal
Rotgültigerz, dunkles	Pyrargyrite	Schwarzkupfererz	Earthy tenorite
Rotgültigerz, helles	Proustite	Schwarzspiessglanz, <i>see</i> Bournonit	Bournonite
Rotkupfererz	Cuprite	Schwefel	Sulphur
Rotnickelkies	Niccolite	Schwefelkies	Pyrite
Rotzinkerz	Zincite	Schwerbleierz, <i>see</i> Plattnerit	Plattnerite
Rubellan	Altered biotite	Schwerspat	Barytes, Barite
Rubellit	Rubellite	See-erz	Bog iron ore
Rubin	Ruby	Seifengold	Nugget gold
Rubin, orientalischer	Oriental ruby	Seifenstein	Soapstone, Talc
Rubinbalais	Balas ruby	Seifenzinn	Alluvial tin
Rubinblende	Red sphalerite	Selenblei, <i>see</i> Clausthalit	Clausthalite
Rubinglimmer	Micaceous göthite	Selenit, <i>see</i> Gypsum	Selenite
Rubinspinell, <i>see</i> Rubinbalais	Balas ruby	Sericit	Sericite
Rutil	Rutile	Serpentin	Serpentine
Safflorit	Safflorite	Serpentinastbest	Serpentine asbestos
Sagenit	Sagenite	Siderit, <i>see</i> Eisenspat	Siderite
Salamstein	Sapphire	Silber, gediegen	Native silver
Salmiak	Sal Ammoniac	Silberantimonglanz	Margyrite
Salpeter	Saltpetre	Silberglanz	Argentite
Salzkupfererz	Atacamite	Silberhornerz	Cerargyrite
Samarskit	Samarskite	Silberkies	Sternbergite
Sammtblende	Prizbramite	Silberkupferglanz	Stromeyerite
Sandkohle	Sandy coal	Silberschwärze	Earthy argentite
Sanidin	Sanidine	Sillimanit	Sillimanite
Sapphir	Sapphire	Sinterkohle	Sintering coals

<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>
Sismondin, <i>see</i> •		Stromeyerit	Stromeyerite
Chloritoid	Chloritoid	Strontianit	Strontianite
Skapolith	Scapolite	Succinit, <i>see</i>	
Smaragd	Emerald	Bernstein	Amber
Smaragdit	Green Actinolite	Sumpferz	Bog iron ore
Smirgel	Emery	Sylvanit	Sylvanite
Soda	Natron, Soda	Sylvin	Sylvite
Sodalith	Sodalite		
Sonnenstein	Sunstone	Taenit	Taenite
Spargelstein	Asparagus stone	Tafelspat, <i>see</i>	
Spateisenstein	Siderite	Wollastonit	Wollastonite
Speckstein	Steatite	Talk	Talc
Speerkies	var. of Marcasite	Talkspat, <i>see</i>	
		Magnesit	Magnesite
Speiskobalt	Smaltite	Tantalit	Tantalite
Sperryolith	Sperryllite	Tantalocker	Tantalite
Spessartin	Spessartite		Ochre
Sphaerosiderit	Compact siderite	Tellur	Tellurium
		Tellurblei	Altaite
Sphalerit, <i>see</i> Zinkblende	Sphalerite	Tellurocker	Tellurite
Sphen •	Sphene, Titanite	Tellurquecksilber	Coloradoite
		Tellursilber	Hessite
Spinell	Spinel	Tellursilberblende	Stützite
Spinellan, <i>see</i> Nosean	Nosean	Tellurwismut	Tetradymite
Spodumen	Spodumene	Tennantit	Tennantite
Spreustein, <i>see</i>		Tenorit	Tenorite
Natrolith	Natrolite	Tephroit	Tephroite
Sprödglasserz, <i>see</i>		Tetradymit	Tetradymite
Stephanit •	Stephanite	Thorit	Thorite
Sprödglimmer, <i>see</i>		Thorianit	Thorianite
Clintonit	Clintonite	Thulit	Thulite
Sprödmetalle	Brittle metals	Thuringit	Thuringite
Sprudelstein	Aragonite sinter	Tigerauge	Tiger-eye
Staffelit	Staffelite	Tinkal	Tincal, Tinkal
Stahlerz	var. of Cinnabar	Tinkalcit	Ulexite
		Titaneisen	Ilmenite
		Titanit	Sphene, Titanite
Stannia, <i>see</i> Zinnkies	Stannite		
Statuenmarmor	Statue marble	Titanomagnetit	Titaniferous magnetite
Staurolith	Staurolite		
Steatit	Steatite	Titanomorphit, <i>see</i>	
Steinkohle •	Bituminous Coals	Leucozen	Leucoxene
		Tiza, <i>see</i> Tinkalcit	Ulexite
Steinmark	Lithomarge	Toneisenerz	Clay Ironstone
Steinöl, <i>see</i> Erdöl	Petroleum	Tongruppe	Allophane group
Steinsalz	Rock salt		
Stephanit	Stephanite	Topas •	Topaz
Sternquarz	Star quartz	Topazolith	var. of
Stilbit	Stilbite		Andradite
Stinkgips	Bituminous gypsum	Torf	Peat
		Trappeisen	Slaggy magnetite
Stinkkalk •	Bituminous limestone		
		Trayertin	Travertine
Stolzit	Stolzite	Tremolit	Trenolite
Strahlenblende, <i>see</i>		Tridymit	Tridymite
Wurtzit	Wurtzite	Tripel	Infusorial earth
Strahlkies	var. of marcasite		
		Triphan, <i>see</i>	
Strahlzeolith, <i>see</i>		Spodumen	Spodumene
Desmin	Stilbite	Triplit	Triplite



<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>
Troilit	Troilite	Weissgultigerz,	
Trona	Trona	dunkles, <i>see</i>	
Türkis	Turquoise	Freibergit	Freibergite
Tungstein, <i>see</i>		Weissnickelkies	Chloanthite
Scheelit	Scheelite	Weisspiessglanz,	
Turgit (Turjit)	Turgite	<i>see</i> Valentinit	Valentinite
Turmalin	Tourmaline	Weisstellur, <i>see</i>	
Tutenmergel	"Cone in cone" lime- stone	Krennerit	Krennerite
		Weltauge, <i>see</i>	
		Hydrophan	Hydrophane
Ullmannit	Ullmannite	Wernerit, <i>see</i>	
Umbra, Kölnische	Carbonaceous earth	Skapolith	Scapolite
		Widmanstätten'sche Figuren	Widmanstätten figures
Uralit	Uralite	Willemit	Willemite
Uranglimmer	Autunite with Torbernite	Wiluit, <i>see</i>	
		Vesuvian	Vesuvianite
Uraninit, <i>see</i>		Wismut, gediegen	Native bismuth
Uranpecherz	Pitchblende	Wismutglanz	Bismuthinite
Uranocker	Uranium ochre	Wismutocker	Bismuth ochre
Uranophan	Uranophane	Wismutspat	Bismutite
Uranotantalit, <i>see</i>		Witherit	Witherite
Samarskit	Samarskite	Wöhlerit	Wöhlerite
Uranotil, <i>see</i>		Wolframit	Wolframite
Uranophan	Uranophane	Wolframocker	Tungstite
Uranpecherz	Pitchblende	Wollastonit	Wollastonite
Urao, <i>see</i>		Würfelzeolith, <i>see</i>	
Thermonatrit	Thermonatrite	Chabasit	Chabasite
Uwarowit	Uvarovite	Wulfenit	Wulfenite
		Wurtzit	Wurtzite
Valentinit	Valentinite	Xanthophyllit	Xanthophyllite
Vanadinbleierz	Vanadinite	Xanthosiderit	Xanthosiderite
Vanadinocker	Vanadic ochre	Xenolith	var. of Silli- manite
Vermiculit	Vermiculite	Xenotim	Xenotime
Vesuvian	Vesuvianite, Idocrase		
Viridin	Viridite	Yttergranat	Almandite with ytterbium
Vitriolblei, <i>see</i>		Ytterspat	Xenotime
Anglesit	Anglesite	Ytrotantalit	Ytrotantalite
Vitriole	Vitriols		
Vivianit	Vivianite	Zinkblende	Sphalerite
Voltzin	Voltzite	Zinkblüte	Hydrozincite
		Zinkglas, <i>see</i>	
Wachskohle	Pyropissite	Kieselzinkerz	Hemimorphite
Wad	Wad	Zinkit	Zincite
Wagnerit	Wagnerite	Zinkspat	Smithsonite
Walkererde	Fuller's Earth	Zinkspinell	Gahnite
Waluevit, <i>see</i>		Zinkvitriol	Goslarite
Xanthophyllit	Xanthophyllite	Zinn, gediegen	Native tin
Waschgold	Alluvial gold	Zinnerz	Cassiterite
Wasserkies, <i>see</i>		Zinnkies	Stannite
Markasit	Marcasite	Zinnober	Cinnabar
Wasserquarz	Rock Crystal	Zinnstein	Cassiterite
Wavellit	Wavellite	Zinnwaldit	Zinnwaldite
Weichgewächs	Argentite	Zirkon	Zircon
Weichmanganerz	Pyrolusite	Zoisit	Zoisite
Weissbleierz	Cerussite		
Weisserz, <i>see</i>		Zundererz, <i>see</i>	
Krennerite	Krennerite	Jamesonit	Jamesonite

# APPENDIX V.

## ANHANG V.

### ENGLISH MINERAL NAMES.

### ENGLISCHE MINERALNAMEN.

Die kursiv gedruckten deutschen Mineralnamen sind weniger gebräuchlich.

The less used German mineral names are printed in italics.

<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name</i>	<i>Deutscher Name.</i>
Acanthite	Akanthit	Anglesite	Anglesit
Achroite	Achroit	Anhydrite	Anhydrit
Acmite	<i>Akmit</i> , Aegirin	Ankerite	Ankerit
Actinolite	Aktinolith	Annabergite	Annabergit
Adamite	Adamin	Anorthite	Anorthit
Adularia	Adular	Anorthoclase	Anorthoklas
Ægirite		Anthophyllite	Anthophyllit
(Ægirine)	Aegirin, <i>Akmit</i>	Anthracite	Anthrazit
Agate	Achat	Antigorite	Antigorit
Alabandite	<i>Alabandin</i> , Mangablende	Antimonite	Antimonit,
			Antimonglanz
Alabaster	Alabaster	Antimony,	
Alaun	Alaun	native	gediegen Antimon
Albite	Albit	Apatite	Apatit
Alexandrite	Alexandrit	Apophyllite	Apophyllit
Allanite	<i>Allanit</i> , Orthit	Aquamarine	Aquamarin
Allopalladium	Allopalladium	Aragonite	Aragonit
Allophane	Allophan	Arfvedsonite	Arfvedsonit
Almandite	Almandin	Argentite	Argentit, Silberglanz
Alpha-quartz	<i>α-Quarz</i> , Tiefquarz	Arsenic, native	gediegen Arsen
		Arsenides	Arsenide
Alum	Alaun	Arsenolite	<i>Arsenolith</i> , Arsenit
Alumina	Tonerde	Arsenopyrite	Arsenkies
Aluminite	Aluminit,	Asbestos	
	<i>Websterit</i>	(Asbestus)	Asbest
Alumstoue	<i>Alunit</i> ,	Asbolan	
	Alaunstein	(Asbolite)	Asbolan
Alunite	Alunit	Asparagus-	
Alunogen	Alunogen	stone	Spargelstein
Amalgam	Amalgam	Asphaltum	Asphalt
Amazonstone	Amazonenstein	Astrophyllite	Astrophyllit
Amber	Bernstein, <i>Succinit</i>	Atacamite	Atacamit
Amblygonite	Amblygonit	Augite	Augit
Amblystegite	Amblystegit	Aurichalcite	Aurichalcit
Amethyst	Amethyst	Autunite	Autunit
Amphibole	Hornblende,	Aventurine	
	<i>Amphibol</i>	felspar	Aventurinfeldspat
Analcite	Analcim	Axinite	Axinit
Anatase	Anatas, <i>Octaedrit</i>	Azurite	Azurit, Kupferlasur
Andalusite	Andalusit		
Andesine	Andesin	Balas ruby	Rubinbalais
Andradite	Andradit	Barite	Baryt, Schwerspat

<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>
Barkevikite	Barkevikit	Carbonado	Carbonado
Barytes	Baryt, Schwerspat	Carnallite	Carnallit
Barytocalcite	Barytocalcit	Carnelian	Karneol
Bastite	Bastit	Carnotite	Carnotit
Bauxite	Bauxit	Cassiterite	<i>Kassiterit</i> , Zinnstein
Beryl	Beryll	Cat's-eye	Katzenauge
Beta-quartz	$\beta$ -Quarz, Hoch- quarz	Celestite	Coelestin
Biotite	Biotit	Celsian	Celsian
Bismuth, native	gediegen Wismut	Cerargyrite	Hornsilber, <i>Kerargyrit</i>
Bismuth ochre	Wismutocker	Cerussite	<i>Cerussit</i> , Weiss- bleierz
Bismuthinite	Wismutglanz, Bismuthin	Cervantite	Cervantit
Bitumen	Bitumen	Chabazite	Chabasit
Bituminous		Chalcanthite	Chalcanthit,
Coal	Steinkohle		Kupfervitriol
Black jack		Chalcedony	Chalcedon
(Sphalerite)	Zinkblende	Chalcocite	<i>Chalcit</i> , Kupfer- glanz
Blende	Zinkblende, <i>Sphalerit</i>	Chalcophyllite	Chalcophyllit
Bloodstone	Blutstein	Chalcopyrite	<i>Chalcopyrit</i> , Kupferkies
Bluejohn	Flusspat	Chalcosiderite	Chalcosiderit
Rog-iron ore	Raseneisenstein	Chalk	Kreide
Bole	<i>Bol</i> , Bolus	Chalybite, <i>see</i> Siderite	<i>Siderit</i> , Eisenspat
Bort (Boort)	Bort	Chert	Hornstein, Flint
Boracite	Boracit	Chiastolite	Chiastolith
Borax	Borax, <i>Tinkal</i>	Chloanthite	Chloanthit
Bornite	<i>Bornit</i> , Bunt- kupferkies	Chlor-apatite	Chlorapatit
Bournonite	Bournonit	Chlorides	Chloride
Braunite	Braunit	Chlorite	Chlorit
Breithauptite	Breithauptit	Chloritoid	Chloritoid
Brewsterite	Brewsterit	Chloropal	Chloropal
Brochantite	Brochantit	Chondrodite	Chondroit
Bromyrite	Bromsilber, <i>Bromit</i>	Christobalite	Christobalite
Bronzite	Bronzit	Chromates	Chromate
Brookite	Brookit	Chromite	Chromit
Brown Coal	Braunkohle, <i>Lignit</i>	Chrysoberyl	Chrysoberyll
Brucite	Brucit	Chrysocolla	Chrysokoll
Bytownite	Bytownit	Chrysolite	Chrysolith
		Chrysoprase	Chrysopras
		Chrysotile	Chrysotil
		Cinnabar	Zinnober, <i>Cinnabar</i>
Cadmium		Cinnamon- stone	Kaneelstein
blende		Citrine	Citrin
(Greenockite)	Greenockit	Clausthalite	Clausthalit
Cairngorm	Rauchquarz	Clay iron-stone	Toneisenstein
Caking Coal	Kokskohle	Clipochlore	Klinochlor
Calamine	Calamin	Clinohumite	Klinohumit
Calaverite	Calaverit	Clinozoisite	Klinozoisit
Calc sinter	Kalksinter	Clintonite	Clintonitgruppe
Calc spar	Kalkspat	Group	
Calc tufa	Kalktuff	Coal	Kohle
Calcite	Calcit, Kalkspat	Cobalt bloom,	Kobaltblüte,
Calomel	<i>Kalomel</i> , Queck- silberhornerz	<i>see Erythrite</i>	<i>Erythrin</i>
Cancrinite	Cancrinit		
Canfieldite	Canfieldit		
Cannel Coal	Kannelkohle		
Carbon	Carbon		



*English Name. Deutscher Name.*

Greenockite	Greenockit
Grossularite	Grossular
Grünerite	Grünerit
Guano	Guano
Gummit	Gummit
Gypsum	Gips
Hämatite	Eisenglanz, <i>Hämatit</i>
Halite	<i>Halit</i> , Steinsalz
Halloysite	Halloysit
Harmotome	Harmotom
Hausmannite	Hausmannit
Hauyne,	
Hauynite	Hauyn
Heavy spar,	
Barytes	Schwerspat, <i>Baryt</i>
Hedenbergite	Hedenbergit
Hematite	Hämatit, Eisen- glanz
Hercynite	Hercynit
Hessite	Hessit
Heulandite	Heulandit
Hollandite	Hollandit
Hornblende	Hornblende
Horn silver	Hornsilber, <i>Kerargyrit</i>
Hornstone	Hornstein
Hortonolite	Hortonolith
Hulsite	Hulsit
Humite	Humit
Hyalite	Hyalit
Hyalophane	Hyalophan
Hydrocarbons	Kohlenwasserstoffe
Hypersthene	Hypersthen
Ice	Eis
Iceland spar	<i>Isländer Spat</i> , Doppelspat
Idocrase	<i>Idokras</i> , Vesuvian
Ilmenite	Ilmenit, Titaneisen
Indicolite	<i>Indicolith</i> , Indigo- lith
Infusorial	Infusorienerde
earth	
Iodyrite	Jodsilber, <i>Jodit</i>
Iolite	Cordierit, <i>Dichroit</i>
Iridosmine	Iridoſmium, Sysserskit
Iron	Eisen
Iron pyrites	Pyrit, <i>Eisenkies</i> , Schwefelkies
Jade	*Jade
Jadeite	Jadeit
Jamesonite	Jamesonit
Jasper	Jaspis
Jet	Jet, Gagat
Kainite	Kainit

*English Name. Deutscher Name.*

Kaliophilite	Kaliophilit
Kaolin	Kaolin
Kaolinite	Kaolinit
Kermesite	<i>Kermesit</i> , Rotspiessglanz
Kidney ore	roter Glaskopf, <i>Blutstein</i>
Kieserite	Kieserit
Kiemersite	Kremersit
Krennerite	Krennerit, <i>Bunsenin</i>
Kröhnkite	Kröhnkit
Kyanite	Cyanit, Disthen
Labradorite	Labradorit, Labrador
Lapis-lazuli	<i>Lapis-Lazuli</i> , Lasurstein
Lazulite	Lazulit, Blaspat
Leadhillite	Leadhillit
Lepidolite	Lepidolith, Lithionglimmer
Lepidomelane	Lepidomelan
Leucite	Leucit, Leuzit
Leucoxene	Leukoxen
Libethenite	Libethenit
Lievrite	Lievrit, <i>Ilveit</i>
Lignite	Lignit, Braunkohle
Lillianite	Lillianit
Limestone	Kalkstein
Limonite	Limonit, Brauneisen
Linarite	Linarit, Bleilasur
Linnæite	<i>Linneit</i> , Kobaltkies
Lithomarge	Steinmark
Lodestone	Magnetit
Löllingite	Löllingit
Magnesite	Magnesit, <i>Talk- spat</i>
Magnetic	
pyrites	Magnetkies, <i>Pyrrhotin</i>
(Pyrrhotite)	
Magnetite	Magnetit, Mag- neteisenerz
Malachite	Malachit
Manganite	Manganit, Braun- manganerz
Marble	Marmor
Marcasite	Markasit, Binarkies
Margarite	Margarit
Marialite	Marialith
Martite	Martit
Massicot	<i>Massicot</i> , Bleiglätte
Meerschaum	Meerschaum
Meionite	Mejonit
Melaconite	Melaconit
(Tenorite)	

*English Name. Deutscher Name.*

Melanite	Melanit
Melanterite	<i>Melanterit</i> , Eisenvitriol
Melilite	Melilith
Melonite	Melonit
Mercury, native	gediegen Queck- silber
Mercury amalgam	Quecksilber- amalgam
Meteorite iron	meteorisches Eisen
Mica	Glimmer
Micaceous hematite	Eisenglimmer
Microcline	Mikroklin
Microcosmic salt	Phosphorsalz
Milky quartz	Milchquarz
Millerite	Millerit, <i>Haarkies</i>
Minium	Minum, Mennige
Mispickel (Arsenopyrite)	<i>Mispickel</i> , Arsen- kies, <i>Arsenopyrit</i>
Molybdc ochre	Molybdänocker
Molybdite	<i>Molybdit</i> , Molybdänocker
Monazite	Monazit
Monticellite	Monticellit
Moonstone	Mondstein
Moss agate	Moosachat
Mountain Cork	Bergkork
Mountain Leather	Bergleder
Muscovite	Muskovit
Nagyagite	Nagyagit
Nailhead spar	Kalkspat ("Nadelkopf- spat")
Naphtha	Naphta
Natrolite	Natrolith
Natron	Soda
Nepheline, <i>see</i> Nephelite	Nephelin, <i>Elacolith</i>
Nephrite	Nephrit
Nicolite	Rotnickelkies, <i>Kupfernickerl</i>
Niobates	Niobate
Nitre (Niter)	Salpeter, Kalisalpeter
Nitrates	Nitrate
Nosean	Nosean
Ochre	Ocker
Octahedrite, <i>see</i> Anatase	<i>Oktaedrit</i> , Anatas
Oil, Mineral	Mineralöl
Oligoclase	Oligoklas
Olivinite	Olivenit

*English Name Deutscher Name.*

Olivine	Olivin, Peridot
Omphacite	Omphacit
Onyx marble	Onyxmarmor
Oolite	Oolith
Opal	Opal
Orthite	Orthit, Allanit
Orthoclase	Orthoklas
Osmiridium	Osmiridium
Ottrelite	Ottrelith
Oxides	Oxyde
Oxychlorides	Oxychloride
Oxyfluorides	Oxyfluoride
Oxysulphides	Oxysulfide
Paigeite	Paigeit
Palladium	Palladium
Paraffin	<i>Paraffin</i> , Erdwachs
Paragonite	Paragonit
Pargasite	Pargasit
Peacock ore, <i>see</i> Chalko- pyrite	Kupferkieserz
Pearl-spar, <i>see</i> Dolomite	Perlspat (Dolomit)
Peat	Torf
Pectolite	Pektolith
Penninite	Pennin
Pentlandite	Pentlandit
Periclase	Periklas
Peridot	Peridot, Olivin
Perthite	Perthit
Perofskite (Perovskite)	Perowskit
Petalite	Petalit, <i>Kastor</i>
Petrified wood	Fossiles Holz
Petroleum	<i>Petroleum</i> , Erdöl
Petzite	Petzit
Phenacite	Phenakit
Phillipsite	Phillipsit
Phlogopite	Phlogopit
Phosgenite	Phosgenit
Phosphates	Phosphate
Phosphorite	Phosphorit, <i>Staffelit</i>
Piedmontite	Piedmontit
Pinite	Pinit
Pisanite	Pisanit
Pisolate	Pisolit
Pitchblende	<i>Pechblende</i> , Uranpecherr
Pitticite	Pittizit
Plagioclase	Plagioklas
Plaster of Paris	Stuckgips
Platinum	Platin
Pleonaste	Pleonast
Plumbago, <i>see</i> Graphite	Graphit

<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>
Plumbogum- mite	Bleigummi	Selenite	Selenit
Polianite	Polianit	Semi-opal	Halbopal
Polybasite	Polybasit	Sericite	Sericit, Serizit
Polyhalite	Polyhalit	Serpentine	Serpentin
Potash alum	Kalialaun	Siderite	<i>Siderit</i> , Eisenspat
Prase	grüner Quarz	Siliceous sinter	Kieselsinter
Prehnite	Prehnit	Silicified wood	Verkieseltes Holz
Proustite	Proustit	Silver, native	gediegen Silber
Pseudobrookite	Pseudobrookit	Sinter, Silice- ous	Kieselsinter
Psilomelane	Psilomelan	Smaltite	<i>Smaltin</i> , Speisko- balt
Pyrargyrite	Pyrargyrit	Smithsonite	<i>Smithsonit</i> , Zinkspat
Pyrite	Pyrit, Schwefelkies, <i>Eisenkies</i>	Smoky quartz	Rauchquarz
Pyrites, Cop- per; <i>see</i> Chalcopyrite	Kupferkies	Soapstone	Seifenstein, Saponit
Pyrites, Tin; <i>see</i> Stannite	Zinnkies	Sodalite	Sodalith
Pyrolusite	Pyrolusit	Spathic iron ore, <i>see</i> Siderite	Spätiges Eisenerz <i>Specularit</i> , Eisenglanz
Pyromorphite	Pyromorphit	Specularite	Sperryolith
Pyrope	Pyrop	Sperryllite	Spessartin
Pyroxene	Pyroxen, Augit	Spessartite	Sphalerit, Zinkblende
Pyrrhotite (Pyrrhotine)	<i>Pyrrhotin</i> , Magnet- kies, <i>Magnetopy- rit</i>	Sphalerite	<i>Sphen</i> , Titanit
Quartz	Quarz	Sphene	Spinell
Quicksilver, <i>see</i> Mercury	Quecksilber	Spinel	Spodumen
Rammels- bergite	Rammelsbergit	Spodumene	Stalaktit
Realgar	Realgar	Stalactite	Stalagmit
Reddle	Rötel	Stalagmite	<i>Stannin</i> , Zinnkies
Rhodochrosite	<i>Rhodochrosit</i> , Man- ganspat	Stannite	Staurolith
Rhodonite	Rhodonit	Staurolite	Stephanit
Rock crystal, <i>see</i> Quartz	Bergkristall	Stephanite	<i>Stibnit</i> , Antimon- glanz
Roscoelite	Roscoelith	Stibnite	Stilbit
Rose quartz	Rosenquarz	Stilbite	Stokesit
Ruby	Rubin	Stokesite	Stolzit, <i>Scheel- bleiers</i>
Rutile	Rutil	Stolzite	Seifenzinn
Salt, Rock, <i>see</i> Rocksalt	Steinsalz	Stream tin	Strontianit
Saltpeter, <i>see</i> Nitrate	Salpeter	Stronjianite	Strüverit
Samarskite	Samarskit	Struverite	Struvit
Sanidine	Sanidin	Struvite	Sulphate
Sapphire	Sapphir	Sulphates	Sulphide
Sassolite	Sassolin, Borsäure	Sulphides	gediegen Schwefel
Satinspar	Atlasspat	Sulphur, native	Sonnenstein
Saussurite	Saussurit	Sunstone	Sylvin
Scapolite	Skapolith	Sylvite	Talc
Scheelite	Scheelit, <i>Scheelspat</i>	Talc	Tantalates
Scorodite	Skorodit	Tantalates	Tantalit
		Tantalite	Teallit
		Teallite	Telluride
		Tellurides	Tennantit, Arsenfahlerz
		Tennantite	Tenorite
		Tenorite	

<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>	<i>English Name.</i>	<i>Deutscher Name.</i>
Tephroite	Tephroit	Vesuvianite	Vesuvian, <i>Idokras</i>
Tetraedrite	Tetraedrit	Vitriols	Vitriole
Thomsonite	<i>Thomsonit</i> , Comptonit	Vivianite	Vivianit, <i>Blau eisenerz</i>
Thorianite	Thorianit		
Thulite	Thulit		
Tiger-eye	Tigerauge		
Tile ore	Ziegelerz	Wad	Wad
Tin, native	gediegen Zinn	Wavellite	Wavellit
Tin ore	Zinnerz	Websterite	<i>Websterit</i> , Aluminit
Tinstone, <i>see</i> Cassiterite	Zinnstein	Wehrlite	<i>Wehrlit</i> , Tellurwismut.
Tin pyrites, <i>see</i> Stannite	Zinnkies, Stannin	Wernerite	<i>Wernerit</i> , Skapolith
Titanates	Titanate	Willenite	Willemit
Titanite	Titanit, Sphen	Witherite	Witherit
Topaz	Topas	Wolfram,	<i>Wolfram</i> , Wolframit
Torbernite	<i>Torbernit</i> , Kupfer- uranit	Wollastonite	Wollastonit
Tourmaline	Turmalin	Wood tin	Holzzinn
Travertine	Travertin	Wulfenite	Wulfenit
Tremolite	Tremolit	Wurtzite	Wurtzit
Tridymite	Tridymit		
Triplite	Triplit		
Tufa	Kalktuff		
Tungsten minerals	Wolframminerale	Xanthophyllite	Xanthophyllit
Tungstite	<i>Tungstit</i> , Wolframnocker	Xanthosiderite	Xanthosiderit
Turquoise	Türkis, Kallait	Xenotime	Xenotim, Ytterspat
Ulexite	<i>Ulexit</i> , Boronatro- calcit	Zaratite	<i>Zaratit</i> , Nickel- smaragd
Ullmannite	Ullmannit	Zeolites	Zeolithe
Uralite	Uralit	Zinc blende,	Zinkblende,
Uranates	Uranate	<i>see</i> Sphalerite	Sphalerit
Uvarovite	Uwarowit	Zincite	<i>Zinkit</i> , Rotzinkerz
Vanadinite	Vanadinit	Zinnwaldite	Zinnwaldit
Vermilion	Abart von Zinnober	Zircon	Zirkon
		Zoisite	Zoisit



# ENGLISH INDEX

## (ENGLISCHES INHALTSVERZEICHNIS).

### A

Ablation, 17  
 Abradés, 19  
 Abraum salts, 153  
 Absolute refraction, 91  
 — weight, 75  
 Absorbing light rays, 91  
 Absorption formula, 91  
 Abyssmal depths, 141  
 Accessory constituents, 125  
 — minerals, 125  
 — plates, 93  
 Accumulated gases, 41  
 Acicular aggregates, 109  
 — crystals, 89  
 Acid differentiated products, 173  
 Acid rocks, 125  
 Acids, 101  
 Acute bisectrix, 85  
 Adamantine lustre, 77  
 Adductor impression, 53  
 — muscles, 51  
 Aeolian deposits, 175  
 Aerated springs, 23  
 Affinity, chemical, 113  
 Age, geological, 47  
 Agglomerates, 39  
 Aggregates of minerals, 109, 171  
 Air currents, 7  
 — temperature, 7  
 Akaustobolites, 155  
 Albite twinning, 71  
 Algae, 17  
 — as precipitants, 177  
 Algonkian Formation, 49  
 Alkalies, 123  
 Alkali granite, 135  
 — minerals, 123  
 — provinces, 123  
 — reactions, 103  
 — rocks, 123  
 — series, 135  
 — solutions, 121  
 — syenite, 135  
 Allotriomorphic crystals, 131  
 — structure, 131  
 Alluvial deposits, 175  
 Alpine "cleft" minerals, 197  
 — foothills, 147  
 Alsbachite, 135  
 Alteration products, 185  
 Alumina, 123  
 Alumina content, 171  
 Aluminium silicate, 185  
 Alum shales, 149  
 Alunitic gold deposits, 193

Alunitization, 185  
 Amber, 155  
 Amenability to polish, 95  
 Ammonia, 151  
 Ammonites, 55  
 Ammonite suture, 55  
 Ammonium carbonate, 151  
 Amorphous bodies, 73  
 — minerals, 109  
 — substances, 61  
 Amphiboles, 121  
 Amplitude of vibration, 81  
 Anygdaloidal infilling, 193  
 — rocks, 129  
 Analyser of microscope, 87  
 Analysis, chemical, 103  
 Anamcsite, 137  
 Anatexis, 169  
 Andesite, 137  
 Angle of incidence, 81  
 — reflection, 81  
 — refraction, 81  
 Anhedra crystals, 131  
 Anhydrous silicates, 119  
 Anion, 101  
 Anisonyarian (Pal.), 53  
 Anisotropic bodies, 73  
 — crystals, 91  
 Anterior end of shell (Pal.), 51  
 Anthozoa, 57  
 Anthracite, 155  
 Anticline, 31  
 Anticlinorium, 31  
 Antimony deposits, 193  
 Apatite deposits, 191  
 Aperture of shell (Pal.), 53  
 Apex of crystal, 65  
 — shell (Pal.), 53  
 Aplites, 135  
 Aplitic dyke rocks, 185  
 — series, 185  
 Apophyses, 137  
 Apparent optic angle, 95  
 Aqua regia, 103  
 Aqueous mineralizing solutions, 175  
 — solutions, 121  
 Arch of anticline, 31  
 Archæan, 49  
 Archeozoic, 49  
 Arctic region, 13  
 Areal eruptions, 41  
 Arenacea (Pal.), 57  
 Arenaceous deposits, 143  
 Argillaceous cementing material, 147  
 — deposits, 143  
 Arid climate, 13  
 — soils, 193

Arkose, 147  
 Arsenic deposits, 193  
 Arterites, 169  
 Artesian well, 21  
 Articulata, 51  
 Aschistic dyke rocks, 135  
 Ash, 155  
 —, volcanic, 39  
 Asphalt, 167  
 Association of minerals, 183  
 Asymmetrical folds, 31  
 Asterism, 79  
*Asteroceras obtusum*, 55  
 Astronomical geology, 3  
 Atlantic rock tribes, 123  
 Atmophytic elements, 113  
 Atmospheric, 5  
 Atmospheric gases, 5  
 Atolls, 149  
 Atoms, 101  
 Augen texture, 167  
 Augite gneiss, 169  
 — schist, 169  
 Augilite, 137  
 Aureole, metamorphic, 161  
 Auriferous veins, 179  
 Avalanches, 17  
 Aventurism, 79  
 Axes, optic, 85  
 Axial canal (Pal.), 55  
 — colours, 91  
 — plane (Cryst.), 65  
 — ratio (Cryst.), 65  
 Axis of arch, 31  
 — fold, 31  
 — isotropy, 85  
 — symmetry, 63  
 — trough, 31

### B

Bacteria, 17  
 — calcs, 151  
 Banded arrangement, 181  
 — structure, 167, 181  
 — vein material, 181  
 Banks of rivers, 19  
 Barrier reefs, 149  
 Basal pinacoids, 69  
 Basals (Pal.), 55  
 Basalt, 133  
 Basaltic ore deposits, 195  
 Base-level of rivers, 19  
 Bases, chemical, 101  
 Basic rocks, 125  
 Basin of river, 21  
 Batholith, 127  
 Bathylith, 127  
 Bauxite deposits, 177

Beaches, raised, 27  
 Beads of metal, 105  
 Beak (Pal.), 51  
 Beam balance, 75  
 Bean ore, 195  
 Becke line, 91  
 Bedded deposits, 155  
 — rocks, 31  
 — veins, 179  
 Bedding joints, 179  
 — planes, 31  
 Bedrock, 17  
 Beds of coal, 155  
 Beds of ore, 177  
 Beerbachite, 135  
 Behaded river, 31  
 Bend of river, 19  
 Benzine, 157  
 Beresite, 135  
 Bertrand lens, 95  
 Biaxial minerals, 85  
 Bilaterally symmetrical (Pal.), 53  
 Binding material, 147  
 Biolites, 155  
 Bipyramids, 69  
 Birefringence, 83, 93  
 Biacetriz, 85  
 Bismuth deposits, 193  
 Bitter lakes, 153  
 — salts, 153  
 Bitumen, 157  
 Bituminization, 157  
 Bituminous coal, 155  
 Blackband ironstone, 177  
 Bladed crystals, 109  
 Bleached zone, 195  
 Block, erratic, 23  
 — perched, 29  
 Block-faulting, 33  
 Block-lava, 37  
 Blown sand, 175  
 Blowpipe, 103  
 — analysis, 103  
 Blue mud, 145  
 Body chamber (Pal.), 53  
 — spicules (Pal.), 51  
 Bog iron ore, 177  
 Buggy soil, 145  
 Bogs, 155  
 Boiling point, 43  
 Bole, 145  
 Bombs, volcanic, 39  
 Bonanza, 183  
 Borax lakes, 153  
 Boreholes, 7  
 Bostonite, 135  
 Botryoidal aggregates, 109  
 Boulder clay, 145  
 Bowen, 119  
 Brachial valves, 51  
 Brachlopods, 51  
 Brachy axis, 69  
 — dome, 69  
 — pinacoid, 69  
 — pyramid, 69  
 Breakers (waves), 25  
 Breccia, 145  
 Brecciated veins, 181  
 Breeze, 5  
 Brilliant lustre, 77  
 Brittle minerals, 77  
 Brittleness, 77

Brooks, 19  
 Brown coal, 155  
 Bunter, 49  
 Bysmalith, 127  
 C  
 Cainozoic Group, 49  
 Calcareous algae, 151  
 — matter, 151  
 — mud, 151  
 — rocks, 149  
 Calc-alkali granite, 133  
 — provinces, 123  
 — rocks, 123  
 — series, 133  
 — syenites, 133  
 Calc-silicate rocks, 161  
 Calc sinter, 151  
 Calcification, 185  
 Calcium carbonate, 151  
 — sulphate, 151  
*Calymene blument. chi.*, 55  
 Calyx of crinoid, 55  
 Cambrian System, 49  
 Canada balsam, 89  
 Cannel coal, 155  
 Cap of vein, 187  
 Capes, 25  
 Capillary attraction, 153  
 Carbon dioxide, 39  
 Carbonaceous ironstone, 177  
 — matter, 155  
 — rocks, 155  
 — slimes, 155  
 Carbonates, 103  
 Carbonate of iron deposits, 193  
 Carbonic acid, 101  
 Carboniferous System, 49  
 Carbonization, 155  
 Cardinal area (Pal.), 53  
 — septum (Pal.), 59  
 Cast of shell (Pal.), 55  
 Cataclastic processes, 165  
 Cata-rocks, see Kalarocks, 165  
 Cave, 151  
 — roofs, 151  
 Caverns, 151  
 Cementation, 187  
 Cementing material, 147  
 Central earthquakes, 29  
 — eruption, 43  
 — point of crystal, 63  
 — tube of crinoid, 55  
 Centre of origin of crystals, 63  
 — earthquakes, 27  
 — symmetry, 63  
 Cephalon, 53  
 Cephalopoda, 53  
 Ceratitic suture (Pal.), 55  
 Chalcopyphic elements, 113  
 Chalcopyrite deposits, 191  
 Chalk, 149  
 Chalybeate springs, 23  
 Chambers of shell (Pal.), 37  
 Channel, river, 21  
 Cheeks of trilobite, 51  
 Chemical activity, 185  
 — analysis, 103  
 — balance, 75  
 — bases, 101  
 — changes, 141

Chemical composition, 101  
 — compounds, 101  
 — equations, 101  
 — reactions, 15  
 — solution, 104  
 Chemically active gases, 191  
 — inactive gases, 5  
 Chert, 133  
 Chief indices of refraction, 87  
 Chilled magma, 117  
 — margins, 117  
 Chimney-like fissure, 127  
 Chlorides, 43  
 Chlorite schists, 169  
 Chloritization, 185  
 Chromite deposits, 191  
 C.I.P.W. classification, 193  
 Circular reefs, 149  
 Circulating waters, 189  
 Clastic rocks, 143  
 Clay, 143  
 Clay ironstone, 177  
 — slate, 149  
 — soil, 145  
 Clayey soil, 145  
 Cleavage, 75  
 — angle, 83  
 — lines, 89  
 — planes, 75  
 — rhomb, 83  
 Cleavage of slate, 149  
 Climates, 13  
 Clino-axis, 69  
 Clino-dome, 69  
 Clino-pinacoid, 69  
 Clinton ores, 177  
 Close-grained rocks, 109  
 Closed tubes, 105  
 Clustered aggregates, 111  
 Coal, kinds of, 155  
 — gas, 155  
 Coarse-grained rocks, 131  
 Coastal dunes, 139  
 Cobalt solution, 105  
 Coefficient of expansion, 97  
 Coefficients of crystal faces, 66  
 Coelenterata, 57  
 Cohesion, 75  
 Colloidal compounds, 143  
 — hydrates of iron, 145  
 — medium, 177  
 — silica, 141  
 Colluvial deposits, 17  
 Colony of polyps, 57  
 Colorados, 187  
 Colour of minerals, 77  
 Colour scale, 93  
 Columella (Pal.), 53  
 Column of water, 43  
 Columnals (Pal.), 55  
 Columnar aggregates, 109  
 — crystals, 109  
 — jointing, 133  
 — minerals, 89  
 Combination of faces (Cryst.), 61  
 Combustible shales, 149  
 Comendite, 137  
 Compact texture, 151  
 Compass-bearing, 31  
 Compensators (Opt.), 93  
 Complete miscibility, 107  
 Components, 25

Composite veins, 179  
 Composition, chemical, 101  
 — plane, 71  
 Compound twins, 71  
 Compressed air, 25  
 Concentrated earth movements, 35  
 Concentration of minerals in magma, 173  
 — processes of ores, 173  
 Concentric aggregates, 109  
 — layers, 133  
 Conchoidal fracture, 77  
 Concretionary aggregates, 111  
 Concretions, 141  
 Condensation of gases, 121  
 Condense, 121  
 Condenser of microscope, 87  
 Conductivity, electrical, 97  
 — of heat, 97  
 Cone of shell (Pal.), 53  
 Cones, 43  
 Conformable strata, 29  
 Conglomerate, 9  
 Conical hills, 37  
 — mountains, 41  
 Conoscope, 93  
 Conoscopic method, 93  
 Consolidation of magma, 9  
 — rocks, 141  
 Constancy of angles, 67  
 — symmetry, 67  
 Constituents of rocks, 131  
 Constitution of the earth, 5  
 Contact chilling, 117  
 — metamorphic minerals, 161, 193  
 — rocks, 161  
 — zone, 161  
 — pneumatolytic minerals, 193  
 Contemporaneous dolomitization, 151  
 Content of volatiles, 155  
 Continent-making movements, 33  
 Continental shelf, 7  
 — shelf deposits, 141  
 Contorted folds, 31  
 Contraction, 15  
 Convection currents, 117  
 Conventional letters (Cryst.), 63  
 — signs (Cryst.), 63  
 Convergent lens, 95  
 — light, 93  
 Convex walls of lenticles, 179  
 Coping of magma, 117  
 Copper deposits, 187  
 Coral atoll, 149  
 — mud, 149  
 — reef, 149  
 — rock, 149  
 — sand, 149  
 Corals, 57  
 Core of the earth, 113  
 Corrosion, 17, 19  
 Correctness of angle (Cryst.), 67  
 Corrosion of crystals, 131  
 Cosine of angle, Append. 1(b)  
 Country rock, 179  
 — alteration of, 185  
 Cover-glass, 89

Cover-slip, 89  
 Cracks, 23  
 Craters, 37  
 Creep, earth-, 17  
 Creep-wash, 17  
 Cretaceous system, 49  
 Crevasses, 23  
 Crinoidal limestone, 149  
 Crinoids, 55  
 Critical angle, 83  
 Critical temperature, 121  
 Cross-bedded rocks, 11  
 Cross-bedding, 139  
 Cross-hairs of microscope, 87  
 Cross-section, 183  
 Cross-wires of microscope, 87  
 Crossed dispersion, 87  
 — nicols, 85, 91  
 Crown of crinoid, 55  
 Crush-breccia, 33  
 Crust of the earth, 5  
 Crustal movements, 27  
 Crypto-crystalline aggregates, 129  
 — groundmass, 131  
 Crypto volcanic earthquakes, 27  
 Crystal aggregates, 61  
 — angle, 65  
 — axes, 63  
 — boundary, 61  
 — classes, 35  
 — faces, 61  
 — growth, 67  
 — habit, 89, 109  
 — projection, 65  
 — section, 89  
 — structure, 67  
 — symmetry, 67  
 — systems, 67  
 — zones, 65  
 Crystals, 61  
 Crystalline schists, 163  
 — limestone, 161  
 — groundmass, 131  
 Crystallites, 133  
 Crystallization of magma, 129  
 — differentiates, 191  
 Crystallized sandstones, 161  
 Crystallographic axes, 63  
 Cubanite deposits, 191  
 Cube, 61  
 Cubic system, 67  
 Currents, tidal, 25  
 Curved aggregates, 109

## D

Dacite, 137  
 Dark cross (Opt.), 95  
 — constituents of rocks, 135  
 — mud, 141  
 Dead channels of rivers, 21  
 Débris of rock, 17  
 Decalcification, 145  
 Decay of plants, 155  
 Decomposed rocks, 163  
 — residuum of, 177  
 Decomposition of plants, 155  
 Decrease of acceleration, 139  
 — of solubility, 45  
 — velocity, 139  
 Dedolomitization, 151  
 Deep sea deposits, 141  
 — facies, 141

Deep seated rocks, 127  
 Deflation of rocks, 165  
 Degree of isomorphism, 107  
 — solubility, 83  
 — weathering, 15  
 Dehydrated rocks, 161  
 Delta, 141  
 Delthyrium, 51  
 Deltoidal plates (Pal.), 51  
 Deltoid-dodecahedron, 69  
 Deltoids (Pal.), 55  
 Dendritic aggregates, 111  
 Denitrifying bacteria, 151  
 Density, 75  
 Dental sockets (Pal.), 55  
 Denudation, 13  
 Depositing medium, 141  
 Deposits of high pressure formation, 191  
 — high temperature formation, 191  
 — ore of magmatic origin, 198  
 — sedimentary origin, 193  
 Depressions, of land, 7  
 Dermal spicules (Pal.), 57  
 Desert belts, 13  
 — regions, 153  
 Desiccation, 153  
 Destruction products, 9  
 — of rocks, 13  
 Detrital iron ore deposits, 195  
 Detritus, 17  
 Deviation of light, 91  
 Devitrified rocks, 133  
 Devonian, 49  
 Diabase, 137  
 Diablastic texture, 167  
 Diagenetic changes, 141  
 Diagonal bedding, 139  
 — position (Opt.), 95  
 Diamagnetic minerals, 99  
 Diameter of the earth, 7  
 Diamond deposits, 193  
 Diastrophic rocks, 127  
 Diatomaceous earth, 153  
 — ooze, 145  
 Diatoms, 145  
 Dichroic minerals, 93  
*Didymograptus murchisoni*, 29  
 Dielectric constants, 97  
 — induction, 97  
 Dielectrics, 97  
 Differentiated dyke rocks, 135  
 Differentiation processes, 115  
 — products, 115  
 Dihexagonal prism, 69  
 — pyramid, 69  
 Dike, 179  
 Diluvium, 49  
 Diorite, 133  
 — porphyrite, 133  
 Dip of beds, 29  
 Diploid, 69  
 Direct igneous emanations, 191  
 — radiation, 79  
 Direction of wind, 7  
 Directional pressure, 163  
 Directionless pressure, 163  
 Disintegration of rocks, 17  
 Dislocation earthquakes, 27  
 Dislocations, 29  
 Dispersed light, 87

Dispersion of light, 87  
 Displacement, 31  
 Disrupted folds, 35  
 Disseminated porphyry copper  
   ores, 183  
 Disseminations, 183  
 Distal end (Pal.), 57  
 Distinct cleavage, 75  
 Distorted crystals, 61  
 Distribution of elements, 113  
 Disturbance of beds, 23  
 Disturbed strata, 29  
 Ditetragonal prism, 69  
   — pyramid, 69  
 Ditrigonal prism, 69  
   — pyramid, 69  
 Divalent elements, 101  
 Divaricator muscles (Pal.), 71  
 Divaricators (Pal.), 71  
 Dolomite, 137  
 Dolomite, 151  
 Dolomitic limestone, 151  
 Dolomitization, 151  
 Dome, 127  
 Dormant volcano, 37  
 Dorsal cup (Pal.), 55  
   — surface (Pal.), 53  
 Double refracting minerals, 83  
   — refraction, 83  
 Double salts, 107  
 Downthrow side of fault, 33  
 Dreikanter, 19  
 Drift deposit, 49  
 Drusy veins, 183  
 Ductile minerals, 77  
 Ductility, 77  
 Dull lustre, 77  
 Dunes, 139  
 Dust, volcanic, 30  
 Dyke rocks, 135  
 Dykes, 179  
 Dykonites, 169  
 Dynamic geology, 3  
 Dynamic metamorphism, 163

## E

Early generation of crystals,  
 131  
 Earth, 5  
 Earth zones, 113  
 Earth's crust, 7  
 Earthquake, 27.  
   — shock, 29  
 Earthy fracture, 77  
 East, 31  
 Ebb of tide, 25  
 Echinodermata, 55  
 Ecogite zone, 113  
 Economic geology, 5  
 Effervescence, 103  
 Effusive rocks, 127  
 Elastic minerals, 77  
 Elasticity, 77  
 Electrical conductivity, 81  
   — discharge, 81  
   — properties, 97  
 Electrically polarized by induc-  
   tion, 49  
 Electro luminescence, 79  
 Electrolytes, 177  
 Electro-magnets, 99  
 Elements, 101; Append. III.  
 Eleolite syenite, 135

Elevation of land, 7  
 Elliptical polarized light, 81  
   — vesicles, 129  
 Ellipsoidal grains, 151  
 Eluvium, 175  
 Emanation of gases, 121  
 Embedding material, 91  
 Embryonic volcanoes, 41  
 Emergence of axes (Opt.), 95  
 Eminent cleavage, 75  
 Emulsion, 115  
 Enantiomorphic transforma-  
   tions, 107  
 Encrustations, 105  
 Energy, kinds of, 79  
 Englacial water, 23  
 Enlarged image, 87  
 Enrichment zone, 187  
 Eocene, 49  
 Epeirogenic earth movements,  
   33  
 Epicentre, 27  
 Epidotization, 185  
 Epigenetic deposits, 177  
 Epimorphs, 111  
 Epizone, 165  
 Epoch of geological time, 47  
 Equation, chemical, 101  
 Equator, 13  
 Equatorial belt, 13  
 Equilibrium, 117  
 Equivalve (Pal.), 53  
 Era, of geological time, 47  
 Erosion, 19  
 Erratic blocks, 23  
 Erratics, 23  
 Eruptions, classification of, 41  
 Eruptive rocks, 41  
 Eskers, 23  
 Essential constituents, 125  
 Essexite, 135  
   — diabase, 137  
   — porphyrite, 137  
 Estuary, 25  
 Etching, 97  
 Euhedral crystals, 131  
 Eutectic mixture, 119  
   — point, 119  
   — ratio, 119  
 Evaporation, 13  
 Even fracture, 77  
 Evolution of life, 159  
 Examination of minerals, 89, 95  
 Exfoliation, 133  
 Exhalation deposits, 93  
 Exosepta (Pal.), 59  
 Expansion coefficient, 97  
 Expansion of minerals, 15  
 Explosive action, 41  
   — force, 41  
   — pipe eruptions, 43  
 External forms of minerals, 109  
   — — ligament (Pal.), 53  
   — pressure, 121  
 Extinct volcanoes, 37  
 Extinction angle, 93  
   — direction, 93  
   — positions, 93  
 Extraordinary ray, 81  
 Extreme colours, 91  
 Extrusions, 127  
 Extrusive rocks, 127  
 Eyepiece of microscope, 87  
 Eyes of trilobites, 55

## F

Faces of crystals, 61  
 Facial suture (Pal.), 55  
 Facies of rocks, 141  
 Factors in metamorphism, 163  
   — of chemical weathering, 15  
   — — physical weathering,  
   15  
 False bedding, 11  
 Families (Pal.), 51  
 Fan-folds, 31  
 Fan-glomerates, 147  
 Fassinite, 135  
 Faster vibration of light, 93  
 Fat clays, 143  
 Fault-breccia, 145  
 Fault-conglomerate, 147  
 Fault, hade of, 33  
 Fault-plane, 33  
 Fault, throw of, 33  
 Faulted beds, 33  
 Fauna, 3  
 Femic group, 123  
   — minerals, 125  
 Fergussite, 135  
 Ferri-carbonates, 177  
 Ferrihydrates, 177  
 Ferruginous clays, 145  
   — cement, 147  
 Fibrous crystals, 109  
 Fine adjustment (Micr.), 87  
 Fine-grained rocks, 109  
 Finely crystalline texture, 149  
 Fire clay, 157  
 First-formed minerals, 173  
 First-order colours, 93  
 Fissure eruptions, 41  
   — filling, 179  
 Fixed cheek (Pal.), 55  
 Fjords, 27  
 Flame colouration, 103  
   — oxidizing, 103  
   — reducing, 103  
 Flaser structure, 167  
 Flexibility, 77  
 Flexure, 91  
 Flint, 153  
 Flocculation, 141  
 Floods, 19  
 Floor of ocean, 7  
 Flora, 3  
 Flow of tide, 25  
   — — river, 19  
 Flow-structure, 129  
 Flucan, Fluccan, 181  
 Fluid, viscous, 23  
 Fluorescence, 79  
 Fluxes, 105  
 Focus of earthquake, 27  
 Focussing, 87  
 Fold mountains, 35  
 Folded strata, 31  
 Folds, 31  
 Foliated rocks, 165  
   — structure, 167  
 Foliation, 167  
 Foot of shell (Pal.), 53  
 Foot-hills, 47  
 Footwall of veins, 179  
 Foramen (Pal.), 51  
 Foraminifera, 51  
 Foreign material, 151  
 Forms of orebodies, 177

Formation processes of ore-  
 bodies, 173  
 Formations, 47  
 Formulae, 101  
 Fossil content, 47  
 — wind deposit, 145  
 Fossilized wood, 81  
 Fossils, zone, 81  
 Fourfold symmetry, 63  
 Fractional crystallization, 115  
 Fracture, of minerals, 77  
 — planes, 31  
 Fracturing of rocks, 81  
 Fragmental rocks, 143  
 Fragments of country rock, 181  
 Frame-work of silica, 145  
 Free cheek (Pal.), 27  
 Fresh minerals, 147, 187  
 Fresh-water, 7  
 Friction, 19  
 Fringing reefs, 149  
 Frost, 15  
 Frozen to vein walls, 181  
 Fuller's earth, 145  
 Fumarole deposits, 193  
 Fumaroles, 43  
 Fundamental laws of crystal-  
 lography, 67  
 Funnel-shaped vent, 21  
 Fusibility, 75  
 Fusion point, 75  
 —, temperature of, 115

## G

Gabbro, 133  
 — aplite, 135  
 — porphyrite, 135  
 Galvanometer, 97  
 Gangue, 181  
 — minerals, 181  
 Garbenschiefer, 161  
 Gas chamber of shell (Pal.), 53  
 Gas inclusions, 89  
 Gaseous explosion, 43  
 — state, 61  
 Gash veins, 179  
 Gasoline, 157  
 Gastropoda, 53  
 Gauteite, 135  
 Gelatinous magnesite, 195  
 Gena of trilobite, 55  
 Genera (Pal.), 51  
 General earth movements, 33  
 — geology, 3  
 Geositherms, 163  
 Geosynclines, 163  
 Geological ages, 47  
 — Formations, 49  
 — sciences, 1  
 — thermometers, 107  
 Geologist, 5  
 Geology, 1  
 Geysers, 43  
 Ghabella (Pal.), 55  
 Glaciers, 23  
 Glass-cover, 89  
 Glass-slip, 89  
 Glass-tubes, 105  
 Glassy base, 125  
 — matrix, 129  
 — groundmass, 131  
 Gliding planes, 75  
 Glistening lustre, 77

Globe, 7  
 Globigerina, 145  
 — ooze, 145  
 Globular form of minerals, 109  
 Gneiss, 169  
 Gnomonic projection, 85  
 Gold-bearing veins, 179  
 Goldschmidt, 113, 121  
 Goniometer, 61  
 Good conductors, 97  
 Gossan, 187  
 Gouge, 181  
 Graben, 33  
 Gradient of surface, 37  
 — of rivers, 19  
 Graduated circle, 44  
 Granite, 135  
 — aplite, 135  
 — porphyry, 135  
 Granoblastic texture, 167  
 Granophytic texture, 133  
 Granular crystallization, 163  
 Graphic structure, 133  
 Graptolites, 57  
 Gravel, 140  
 — banks, 140  
 Gravity sinking of crystals, 115  
 —, specific, 173  
 Graywacke, 147  
 Greasy lustre, 77  
 Great circle (Cryst.), 34  
 Green mud, 141  
 Greisenization, 185  
 Greywacke, 147  
 Grit, 143  
 Grorudite, 135  
 Groups of strata, 47  
 Ground-water, 21  
 Ground moraine, 23  
 Grubenmann's zones, 165  
 Gulfs, 25  
 Guano beds, 195  
 Gypsum plate, 93

## H

Habits of crystals, 89, 110  
 Hackly fracture, 77  
 Hade of fault, 33  
 Hanging wall of vein, 179  
 Hardening due to metamorph-  
 ism, 161  
 Hardness of minerals, 77  
 — scale, 77  
 Harmonic curves, 79  
 Headlands, 25  
 Head shield (Pal.), 55  
 Heat, 113  
 — conductivity, 97  
 — conductors, 97  
 Heavy liquids, 75  
 — oils, 157  
 Helicoid spiral (Pal.), 73  
 Helium, 5  
 Hemicrostalline rocks, 131  
 Hemihedral forms, 69  
 Hemi-brachydome, 71  
 Hemi-dome, 69  
 Hemi-macrodome, 69  
 Hemi-morph, 69  
 Hemi-orthodome, 69  
 Hemi-prism, 71  
 Hemi-pyramid, 69  
 Hepar's reaction, 105

Heterogenetic minerals, 183  
 Hexagonal prism, 69  
 — pyramid, 69  
 — system, 67  
 Hexavalent elements, 101  
 Hexatetrahedron, 69  
 Hexaoctahedron, 69  
 High moorland, 155  
 Higher polarization colours, 93  
 Highly viscous magma, 129  
 Hills, 7  
 Hinge line (Pal.), 53  
 — plate (Pal.), 51  
 — trellis (Pal.), 51  
 Hollowed out land, 25  
 Holocrystalline rocks, 129  
 Holohedral forms, 69  
 Homogeneous body, 61  
 — deformation, 97  
 — melt, 115  
 — strata, 115  
 Honestone, 149  
 Horizons of strata, 47  
 Horizontal dispersion, 87  
 — movement, 29  
 Hornfels, 161  
 Hornblende gneiss, 169  
 — schist, 169  
 Horse-shoe magnet, 99  
 "Horses" in veins, 181  
 Horsts, 33  
 Hot ascending waters, 187  
 Humic soil, 145  
 Humid climate, 13  
 Humus-rich rocks, 155  
 Huronian, 49  
 Hurricane, 5  
 Hyalini, 57  
 Hydrates of alumina, 145  
 Hydrocarbons, 157  
 Hydrochloric acid, 101  
 Hydrogen atoms, 101  
 — sulphide, 39  
 Hydrostatic pressure, 165  
 Hydrotheca, 57  
 Hydrothermal alteration, 185  
 — stage, 121, 175  
 — veins, 121  
 Hydrosphere, 7  
 Hydroxides, 15  
 Hydrometer, 75  
 Hydroxyl ion, 101  
 Hypabyssal rocks, 115  
 Hyperbolic curves, 95  
 Hypidiomorphic crystals, 131  
 — granular rocks, 131  
 Hypocentre of earthquakes, 27  
 Hypocrystalline groundmass, 131  
 — rocks, 131  
 Ice, 23  
 Iceland spar, 151  
 Icicles, 151  
 Identity of molecules, 61  
 Idioloblasts, 167  
 Idiomorphic crystals, 131  
 Igneous activity, 37  
 —, classification of rocks, 123  
 — dyke, 127  
 — pipes, 127

Igneous plugs, 127  
 — rocks, 133  
 — veins, 127  
 Ijolite, 135  
 Ilmenite deposits, 173  
 Immersing in liquids, 91  
 Immiscible sulphides, 173  
 Immiscibility, 117, 173  
 Imperfect cleavage, 75  
 Imperforata, 59  
 Impermeable rocks, 21  
 Impregnations, 183  
 — in tuffs, 193  
 Inarticulata, 51  
 Incident light, 95  
 Incipient crystal forms, 133  
 Inclined bedding, 29  
 — folds, 31  
 Inclusions in crystals, 89  
 Incongruent melting point, 119  
 Index of refraction, 83  
 Indices of crystal faces, 65  
 Induced magnetism, 99  
 Indurated rocks, 161  
 Induration, 141  
 Inequivalve (Pal.), 53  
 Inert gases, 5  
 Infilling of fissures, 179  
 Infiltration of material, 15  
 — silica, 147  
 Influence, electrical, 97  
 Infrabasal plates (Pal.), 55  
 Infusibility, 75  
 Infusible minerals, 75  
 Infusorial earth, 153  
 Initial shell (Pal.), 53  
 Injection deposits, 173  
 — metamorphism, 169  
 Inland dunes, 139  
 Inner reflection, 97  
*In situ* minerals, 125  
 Insoluble minerals, 103  
 Insulators, 97  
 Intensity of earthquakes, 29  
 — — metamorphism, 165  
 Interbedded material, 41  
 Intercepts (Cryst.), 61  
 Interfacial angle, 61  
 Interference colours, 93  
 — figures, 95  
 — phenomena, 93  
 Interlacing veins, 181  
 Interlocking grains, 66  
 Intermediate melt, 117  
 — rocks, 125  
 Intermittent hot springs, 43  
 Internal friction, 117  
 — pressure, 121  
 Interpenetration twins, 71  
 Intersection points, 61  
 Interstices, 17  
 Interstitial material, 131  
 Intramagmatic, 191  
 Intruded body, 119  
 Intrusive deposits, 173  
 — orebodies, 191  
 — rocks, 9  
 Inverted beds, 31  
 — folds, 31  
 Iron bacteria, 177  
 Isochromatic curves, 95  
 Isoclinal folds, 31  
 Irregular bedding, 11

Isogenetic minerals, 183  
 Isometric System, 67  
 Isomorphism, 107  
 Isomorphous minerals, 107  
 Isotropic bodies, 73  
 — minerals, 85  
 Isotypism, 107

J

Joint planes, 31  
 Joints, 31  
 Junction of rocks, 179  
 Jurassic System, 49  
 Juvenile waters, 23  
 Juxta-position twins, 71

K

Kaolin, 145  
 Kaolin deposits, 177  
 Kata rocks, 165  
 Katazone, 165  
 Kation, 101  
 Kaustobolites, 155  
 Keewatin, 50  
 Keeweenawan, 50  
 Keratophyres, 137  
 Kersantite, 135  
 Keuper, 49  
 Kieselguhr, 153  
 Kieselgur, 153  
 Kidney ore, 111  
 Kinds of energy, 79  
 Knee-folds, 31  
 Kolloolith, 89  
 Kupferschiefer, 177

L

Laccolites, 127  
 Lagoons, 149  
 Lake basins, 141  
 — deposits, 141  
 Lamellibranchs, 51  
 Lamellar crystals, 109  
 Laminated constituents, 165  
 — structure, 165  
 Lamination, 11  
 Lamprophyres, 135  
 Lamprophyric series, 135  
 Landslides, 17  
 Landslips, 17  
 Lapilli, 39  
 Large molecular volume, 83  
 Lassaulx's method, 95  
 Lateral moraines, 23  
 — secretion, 195  
 — thrusts, 35  
 Lateritic deposits, 177  
 Laterites, 145  
 Lath-like crystals, 109  
 Lattice-work skeleton, 57  
 Lava, 37  
 Laws of reflection, 81  
 — — refraction, 81  
 Leached zones, 189  
 Lead-silver deposits, 193  
 Lean clay, 145  
 Leeward side, 139  
 Lenses, 87  
 — of ore, 179  
 Lenticular orebodies, 179

Lenticular veins, 179  
 Lepidoblastic structure, 167  
 Lesser elasticity of light, 93  
 Leucite phonolite, 137  
 — porphyry, 135  
 — syenite, 135  
 Leucitite, 137  
 Leucocratic constituents, 127  
 Levels in mines, 185  
 Ligament (Pal.), 53  
 Light-coloured constituents, 135  
 Light energy, 79  
 — line, 91  
 Lignite, 155  
 Limbs of fold, 31  
 Limburgite, 137  
 Lime, 145  
 Limey soil, 145  
 Limited miscibility, 115  
 Linear coefficient of expansion, 97  
 — earthquakes, 29  
 — projection of crystals, 67  
 Lindgren's classification, 189  
 Liparite, 137  
 Liptobolites, 155  
 Liquid globules, 117  
 — immiscible segregations, 173  
 — inclusions, 89  
 — state, 121  
 Lithological characters, 47  
 Lithophylic elements, 113  
 Litmus paper, 103  
 Littoral facies, 141  
 Load of river, 19  
 Loaf-like jointing, 133  
 Loam, 145  
 Loamy soil, 145  
 Lobes (Pal.), 55  
 Localities, 109  
 Lodes, 179  
 Loess, 145  
 — loam, 145  
 Long columnar crystals, 109  
 Longitudinal fissures, 23  
 Loop of platinum wire, 105  
 — — shell (Pal.), 51  
 Loose clastic rocks, 143  
 — products of rocks, 143  
 Lorraine iron ores, 177  
 Lösskindl, 145  
 Low-lying coasts, 25  
 Lubricating oils, 157  
 Luminescence, 79  
 Luminous flame, 61  
 Lunule (Pal.), 53  
 Lustre of minerals, 77  
 Luxullianite, 185  
 Lydian stone, 153

M

Macro-axis, 69  
 Macro-dome, 69  
 Macro-pinacoid, 69  
 Magma, 115  
 Magmatic deposits, 173  
 — differentiation, 115  
 — intrusion, 127  
 — melts, 115  
 — ore deposits, 191  
 — processes of ore concentration, 173

Magmatic stage, 119  
 Magnesite deposits, 195  
 Magnesium carbonate, 151  
 — chloride, 7  
 — sulphate 7  
 Magnetic effects, 99  
 — induction, 99  
 — properties, 99  
 Magnetism, 99  
 Major septa (Pal.), 59  
 Malleability, 77  
 Malleable minerals, 77  
 Mantle of shell (Pal.), 51  
 Marble, 161  
 Margin, chilled, 117  
 — of coasts, 7  
 Marginal zone, 193  
 Marine clays, 145  
 — currents, 25  
 — denudation 25  
 — deposits, 145  
 — oolitic iron ores, 177  
 Marl, 145  
 Marly soil, 145  
 Marsh ores, 177  
 Marshes 155  
 Mass of a body, 75  
 Massive rocks, 133  
 — structure of veins, 181  
 Material constituents, 9  
 Maximum displacement, 81  
 — illumination, 93  
 — retardation, 83  
 Mechanical deformation, 165  
 Mechanically sorted deposits, 195  
 Medial moraine, 23  
 Mediterranean rock tribe, 123  
 Medium grained minerals, 109  
 — rocks, 131  
 — lustre, 77  
 Megascopic character, 143  
 Melanocratic constituents, 127  
 Melaphyre, 137  
 Melt, magmatic, 117  
 Melting point 119  
 Mercury deposits, 195  
 — mirror, 105  
 Mesotergum (Pal.), 55  
 Mesozoic Group, 49  
 Mesozoic, 165  
 — minerals, 165  
 Messenteries (Pal.), 57  
 Metal core of the earth, 113  
 — beads of, 105  
 Metallic lustre, 77  
 Metalliferous minerals, 171  
 Metallographic microscope, 95  
 Metallurgical knowledge, 173  
 Metamorphic aureole, 161  
 — changes, 159  
 Metamorphism contact, 161  
 —, dynamic, 163  
 —, factors in operation, 163  
 —, regional, 163  
 —, thermal, 161  
 Metasepta (Pal.), 57  
 Metasilicic acid, 101  
 Metasomatic replacement, 159  
 Metasomatism, 159  
 Meteoric water, 23  
 Miarolitic marginal zone, 193  
 Mica schist, 169

Microcosmic salt, 135  
 Microcrystalline aggregates, 109  
 — groundmass, 131  
 Micrographic texture, 133  
 Microlites, 133  
 Micrometer, 89  
 Microns, 89  
 Microscope mirror, 87  
 —, petrological, 87  
 — stage, 87  
 — tube, 87  
 Middle limb of folds, 31  
 Migmatites, 169  
 Milky lustre, 77  
 Millimicrons, 81  
 Mineral constituents, 125  
 — content of veins, 179  
 — deposits, 173  
 — zones, 185  
 Mineralization, 181  
 Mineralizing gases, 175  
 Minerals in epizone, 169  
 — katazone, 169  
 — mesozone, 169  
 Mines, 7  
 Minette, 135  
 — ores, 177  
 Mining geology, 5  
 — methods, 173  
 Minor constituents, 125  
 — intrusions, 129  
 — septa (Pal.), 59  
 Miocene, 49  
 Mirror of microscope, 87  
 Miscibility, 117  
 Missouriite, 135  
 Mixed crystals, 117  
 — melts, 117  
 Mode of origin, 9  
 Moderate wind, 5  
 Moettes, 43  
 Moist climate, 13  
 Molecular changes 141  
 — proportions, 123  
 — volume, 83  
 Molecules, 101  
 Molten mass, 9  
 — rock, 9  
 Monoclinic system, 67  
 Monomyarian (Pal.), 53  
 Monotropic transformation, 107  
 Moonstone, 77  
 Moorland, 155  
 Moraine breccia, 145  
 Moraines, 23  
 Morphology, 3  
 Morphotropic effects, 107  
 Morphotropism, 107  
 Moss flora, 155  
 Mother liquor, 119  
 Mottled sandstone, 147  
 Mountain creep, 17  
 — folding, 33  
 — making movements, 33  
 Mountains, 7  
 Mounting medium 91  
 Mouth of crinoid, 55  
 — river, 79  
 Mud, 143  
 — volcano, 43  
 Muds, kinds of, 145  
 Muschelkalk, 49

Muscles (Pal.), 51  
 Mushroom rock, 19  
 Mushroom shaped intrusion, 127  
 Mutual solution, 119  
 Mylonite, 147

## N

Nagelfluë, 147  
 Naphtha, 157  
 Nappe, 31  
 Native metals, 187  
 Natural gas, 157  
 — tar, 157  
 Nebulites, 169  
 Neck, volcanic, 127  
 Needle-like crystals, 69  
 Negative electrical charge, 97  
 — sign of crystals, 65, 85  
 Nema (Pal.), 57  
 Nematoblastic texture, 167  
 Nepheline basalt, 137  
 — basanite, 137  
 — porphyry, 135  
 — syenite, 135  
 — tephrite, 137  
 Nephelinite, 137  
 Net-work of veins, 181  
 Neutral salts, 103  
 Neutralized solution, 103  
 Nêve, 23  
 Nickel deposits, 191  
 Nicol prisms, 87  
 Nicols, crossed, 91  
 Nife, 113  
 Niggli, Schneiderhöhn-classification, 191  
 Nitrates, 103  
 Nitric acid, 101  
 Nitrifying bacteria, 151  
 Nival climate, 13  
 Nodules, 153  
 Nonconductors, 97  
 Nonluminous flame, 103  
 Norm, 123  
 Normal to the surface, 85  
 — faults, 93  
 — habit of crystals, 109

## O

Object carrier, 89  
 Objective of microscope, 79  
 Oblique extinction, 93  
 Obliquely bedded rocks, 141  
 Obsidian, 131  
 Obtuse bisectrix, 85  
 Oceans, 7  
 Ocean floors, 7  
 Oceanic deposits, 111  
 — islands, 7  
 Octahedron, 69  
 Ocular of microscope, 87  
 — micrometer, 89  
 Odinite, 135  
 Offshoots, 127  
 Oilfields, 157  
 Oil shales, 157  
 Old volcanic rocks, 135  
 Older vein material, 181  
 Oligocene, 49  
 Oolites, 151

- Oolitic grains, 151  
 — texture, 151  
 — iron ores, 177  
 Ooze, kinds of, 145  
 Opalescence, 77  
 Opaque minerals, 79  
 — examination of, 95  
 Open glass tubes, 105  
 Operculum, 53  
 Ophitic texture, 131  
 Optic angle, 85  
 — axis, 85  
 — normal, 85  
 — plane, 85  
 Optical medium, 81  
 Optically biaxial, 85  
 — isotropic, 85  
 — opaque, 95  
 — uniaxial, 85  
 Orals of crinoids, 57  
 Orbicular structure, 129  
 Orders (Pal.), 51  
 — in colour scale, 85  
 Ordinary transmitted light, 81  
 — ray, 83  
 Ordovician System, 49  
 Ore, 171  
 — bodies, 177  
 — chimneys, 177  
 — deposits, 171  
 — injections, 173  
 — microscope, 95  
 — minerals, 173  
 — pipes, 177  
 — pockets, 177  
 — veins, 179  
 Organic acid, 17  
 — matter, 15  
 Organisms, 170  
 Orientation of striae, 71  
 Origin, of crystal axes, 61  
 Original bedding, 29  
 — temperature, 39  
 Orogenic movements, 33  
 Orthoceras, 53  
 Orthogneiss, 169  
 Ortho-axis, 69  
 Ortho-dome, 69  
 Ortho-pinacoid, 69  
 Orthorhombic System, 67  
 Orthoscopic method, 93  
 Orthosilicic acid, 101  
 Oscillation of land, 27  
 — of water-table, 187  
 Outcrop of rock, 33  
 Ovals (Opt.), 95  
 Overfolding, 35  
 Overfolds, 31  
 Oversaturated rocks, 125  
 Overthrusting, 31  
 Overturned beds, 31  
 Ovoids, 151  
 Oxbows, 21  
 Oxidation, 103  
 — zone, 187  
 Oxides, 103  
 Oxidizing flame, 103  
 Oxygen-rich waters, 187  
 Oxyals, 187  
 Oyster, 53
- P**
- Pacific rock-tribe, 123  
 Pair of teeth (Pal.), 51  
 Palaeocene (Strat.), 49  
 Palaeontology, 3  
 Palaeozoic Group, 49  
 Palingenesis, 169  
 Pallid sinus, 53  
 Panidiomorphic rocks, 131  
 Paragenesis, 183  
 Paragneiss, 169  
 Parallel gliding, 63  
 — growth, 71  
 — orientation, 71  
 — perspective, 65  
 — twinning, 71  
 Paramagnetic minerals, 99  
 Parameters, 65  
 Parasitic craters, 37  
 Parent magma, 119  
 Partly assimilated rocks, 169  
 Path of rays, 87  
 Peaks, 7  
 Pearly lustre, 77  
 Peat, 155  
 Pebbles, 143  
 Pedicle foramen, 51  
 — valve, 51  
 Pegmatite veins, 121  
 Pegmatites, 121  
 Pegmatitic phase, 121  
 Pelagic facies, 141  
 Pelitic rocks, 143  
 Penetration twins, 71  
 Penetrative rock, 29  
 Pentagonal plates (Pal.), 55  
 Pentavalent elements, 102  
 Perched blocks, 23  
 Percolating waters, 187  
 Perfect cleavage, 75, 89  
 Perforate gastropods, 53  
 Perforata, 69  
 Peridotite, 133  
 Period of geological time, 47  
 — vibration of light, 81  
 Perimorph, 111  
 Peripheral change, 119  
 Periphery, 119  
 Perlitic texture, 131  
 Permanent magnet, 97  
 — water table, 187  
 Permeable rocks, 21  
 Permian System, 49  
 — salt beds, 153  
 Peter out, 179  
 Petrified wood, 143  
 Petrographic provinces, 123  
 Petrography, 3  
 Petrol, 157  
 Petroleum, 157  
 Petrological microscope, 87  
 Petrologist, 9  
 Petrology, 3  
 Phacoliths, 127  
 Phase, of light, 79  
 Phenocrysts, 131  
 Phonolites, 137  
 Phosphates, 103  
 Phosphatic deposits, 195  
 Phosphorescence, 79  
 Phosphoric acid, 101  
 Photoluminescence, 79  
 Phyla (Pal.) 51  
 Phyllites, 167  
 Phylum (Pal.), 51  
 Physical geology, 3  
 — properties of minerals, 73  
 Physico-chemical conditions, 115  
 Phytogetic calc-tuffs, 195  
 Picrite, 137  
 Piezo-electricity, 97  
 Pillar of shell (Pal.), 53  
 Pillars of rock, 133  
 Pillow lava, 133  
 Pillow-like jointing, 133  
 Pinacoids, 69  
 Pinch out, 179  
 Pipe, ore-, 183  
 —, volcanic, 127  
 Pipe-like fissure, 127  
 Pisolite, 151  
 Pisolitic ores, 195  
 — structure, 151  
 Pitch of vein, 185  
 Placer deposits, 175  
 Plains, 7  
 Plan, 183  
 Plane faces, 61  
 — of division of rock-, 31  
 — polarized light, 86  
 Plants, 17  
 Plant structure, 155  
 Plasticine, 95  
 Plat of Wulff, 67  
 Plateau, 7  
 Plateau-making movements, 33  
 Platinum deposits, 191  
 — loop, 105  
 — wire, 105  
 Pleistocene, 49  
 Pleochroism, 91  
 Pleura (Pal.), 55  
 Pleural region (Pal.), 55  
 Pliocene, 49  
 Plug, plutonic, 127  
 —, igneous, 129  
 Plutonic rocks, 133  
 Pneumatolysis, 121  
 Pneumatolytic deposits, 175, 193  
 — processes, 175  
 — replacements, 193  
 — stage, 121  
 — veins, 193  
 Poikiloblastic texture, 167  
 Polar axes, electrical, 97  
 — climate, 11  
 — points of crystals, 65  
 Polarization colours, 83  
 Polarized light, 81  
 Polarizer, 87  
 Pole of crystal faces, 65  
 Polished sections of minerals, 95  
 Polished walls of veins, 179  
 Polymerism, 105  
 Polymorphic minerals, 107  
 — modifications, 107  
 Polymorphism, 105  
 Polypary (Pal.), 57  
 Polysynthetic twinning, 71  
 Pools, 7  
 Poor conductors, 97  
 Porcellania, 59  
 Pores of rocks, 17  
 Porifera, 59  
 Porphyries, 135  
 Porphyrites, 135  
 Porphyritic crystals, 131  
 — texture, 131  
 Porphyroblastic texture, 167



Positive charge, 97  
 — sign of crystals, 65, 85  
 Posterior end (Pal.), 51  
 Potash series of rocks, 123  
 Potassium hydroxide, 101  
 Potassium-magnesium salts, 153  
 Potholes, 19  
 Pre-Cambrian, 49  
 — shield, 169  
 Precipitated rocks, 149  
 Pressure, 159  
 Primary ore, 187  
 Principal indices of refraction, 86  
 — section of a crystal, 93  
 Prism, 95  
 Prismatic cleavage, 89  
 — colours, 79  
 Prisms of 1st and 2nd order, 69  
 Profile, 183  
 — of river-course, 19  
 Projections of crystals, 65  
 Promontories, 25  
 Propagation of light, 79  
 Propylitic gold deposits, 193  
 Proterozoic Group, 49  
 Protoconch, 53  
 Protosepta (Pal.), 59  
 Protozoa, 59  
 Proximal end (Pal.), 57  
 Psammitic rocks, 143  
 Psephitic rocks, 143  
 Pseudomorph, 111  
 Pteropod ooze, 145  
 Pteropods, 145  
 Pudding stone, 147  
 Putrefaction, 155  
 Putrid mud, 157  
 Pycnometer, 75  
 Pygidium of trilobite, 55  
 Pyramids of 1st and 2nd order, 69  
 Pyritization, 185  
 Pyritohedron, 69  
 Pyroclastic rocks, 39  
 Pyroelectricity, 97  
 Pyroxene, 121

## Q

Qualitative analysis, 103  
 Quantitative analysis, 103  
 Quarry water, 165  
 Quarter pyramid, 71  
 Quartz-free rocks, 125  
 Quartz keratophyre, 137  
 — porphyry, 135  
 Quarzrich rock, 125  
 Quartz wedge, 93  
 Quartzite, 147  
 Quaternary, 49  
 Quick-sand, 143  
 Quiescent role, 37

## R

Radials (Pal.), 55  
 Radiating minerals, 109  
 Radiolaria, 57  
 Radiolarian chert, 153  
 — opaz, 145  
 Radiolites, 153  
 Rain, 17  
 Rainfall, 7

Rapids, 19  
 Rare earths, 173  
 — gases, 5  
 Rate of acceleration, 70  
 Ratio by weight, 119  
 — of sines, 83  
 Rational indices, 67  
 — multiples, 67  
 Ray of light, 81  
 Reabsorbed crystals, 131  
 Reaction on charcoal, 105  
 — pair, 119  
 — rims, 117  
 — series, 119  
 Reading position of crystal, 65  
 Reagents, 103  
 Recent deposits, 49  
 Reciprocals, 65  
 — of velocity of light, 83  
 Recovery of salt, 153  
 Recumbent folds, 31  
 Red clay, 145  
 Redeposition of ores, 175  
 Reducing flame, 103  
 Reduction, 103  
 — zone, 187  
 Reef, 179  
 Reef-building corals, 179  
 Re-entrant angle, 71  
 Reflection, laws of light, 81  
 Reflection-pleochroism, 97  
 Reflection-power, 97  
 Refraction, 91  
 — laws of, 81  
 Refractive index, 83  
 — power, 83  
 Refringence, 83  
 Regional metamorphism, 163  
 Regular bedding, 11  
 Rejuvenation of rivers, 21  
 Relative retardation, 83  
 Release of pressure, 43  
 Relic, texture, 167  
 Relief, due to refraction, 95  
 Remains of animals, 17  
 Remelting of rocks, 171  
 Reniform aggregates, 111  
 Reopening of veins, 181  
 Repeated twinning, 71  
 Replacement, 143  
 — orebodies, 175  
 Residual magma, 119  
 — solutions, 185  
 Residue on charcoal, 105  
 Residuum of rocks, 145  
 Resinous lustre, 77  
 Resistance to polishing, 97  
 — to scratching, 77  
 Resistant minerals, 175  
 Reticulate fibrous aggregates, 109  
 Retrogressive erosion, 21  
 Reversed faults, 33  
 Reversible transformations, 107  
 Rhabdosome (Pal.), 69  
 Rhombododecahedron, 69  
 Rhombohedral carbonates, 61  
 Rhombohedron, 69  
 Rhomb-porphyry, 137  
 Rhyolite, 137  
 Rich concentrations of minerals, 175  
 — orebodies, 173  
 Rift valley, 33  
 Ring ore, 181  
 Ripple-marked, 139  
 River, 19  
 River basin, 21  
 — capture, 21  
 — curves, 139  
 — meanders, 19  
 — mouth, 25  
 — terraces, 21  
 — widenings, 139  
 Roches moutonnées, 23  
 Rock-building corals, 149  
 Rock crystal, 79  
 — destruction, 13  
 — facies, 139  
 — residuum, 145  
 — tribes, 123  
 Rocksalt, 63  
 Roofing slate, 149  
 Roots of crinoids, 55  
 — plants, 17  
 Ropy lava, 37  
 Rotary reflection, 61  
 Rotation of the earth, 25  
 Rottliegende, 49  
 Rounded pebbles, 17  
 Run-off of surface water, 7

## S

Saccharoidal aggregates, 109  
 Saddle-form folds, 127  
 Saddle reefs, 179  
 Saddles of sutures (Pal.), 55  
 Salic group, 119  
 — minerals, 123  
 Saline crust, 195  
 — springs, 23  
 Salinity, 25  
 Salt deposits, 153  
 — lakes, 153  
 — rocks, 153  
 Salts, chemical, 103  
 Sand banks, 139  
 — dunes, 139  
 Sapropel rocks, 155  
 Saturated rocks, 125  
 Scalar property, 73  
 Scalenoedron, 69  
 Scaly aggregates, 109  
 Scattered minerals, 93  
 Schillerization, 79  
 Schistose rocks, 165  
 — structure, 165  
 Schneiderhöhn & Niggli classification, 191  
 Schuppen structure, 81  
 Science of mineral deposits, 5  
 Sclerometer, 77  
 Scoria, 37  
 Scree, 17  
 Scree-breccia, 145  
 Sea-basin, 153  
 Sea-coast, 25  
 Sea-level, 27  
 Sea-water, 7  
 Sea-weed, 57  
 Seam of coal, 157  
 Secondary enrichment, 189  
 — minerals, 125  
 — twin-lamellae, 77  
 Seccated rocks, 149  
 Secretion deposits, 195  
 Sectile minerals, 77

- Sectility, 77  
 Section of strata, 47  
   — mineral, 79  
 Sedimentation, 141  
 Sedimentary deposits, 139  
   — ores, 175  
   — processes of ore concentra-  
     tion, 175  
   — rocks, 139  
 Seepages of natural gas, 157  
 Segments of trilobites, 55  
 Seismogram, 29  
 Seismograph, 29  
 Seismometers, 29  
 Sensitive tint (Opt.), 93  
 Separation of crystals, 117  
 Septa (Pal.), 53  
 Septal suture (Pal.), 53  
 Septaria, 143  
 Sequence, 47  
 Sericitization, 185  
 Series of strata, 47  
 Shale, 149  
 Shallow sea deposits, 141  
 Shattered zone, 181  
 Shear zone, 181  
 Sheeted zone, 181  
 Sheets of rock, 129  
 Shell (Pal.), 51  
 Shell-like aggregates, 109  
 Shelly limestone, 149  
 Shield-volcano, 41  
 Shock, earthquake, 29  
 Shore deposits, 139  
   — dunes, 139  
 Short columnar minerals, 109  
 Sial, 113  
 Sicala (Pal.), 57  
 Siderophyllic elements, 113  
 Sieve texture, 167  
 Signs of minerals, 85, 87  
 Silica, 125  
 Silicate cover of earth, 113  
   — melt, 115  
 Silicates, 103  
 Siliceous rocks, 153  
   — sinter, 153  
 Silicification, 153  
 Silicified rock, 153  
 Silky lustre, 77  
 Sills of rock, 129  
 Silt, 143  
 Silurian System, 49  
 Silver bead, 105  
 Silver-lead deposits, 193  
 Silver-cobalt deposits, 193  
 Sima, 113  
 Simple criteria, 61  
   — veins, 179  
 Sine of angle, 81  
 Singly refracting substances, 85  
 Siphuncle, 63  
 Six-fold symmetry, 61  
 Size of grains, 131  
 Skeletal crystal forms, 109  
 Skeleton (Pal.), 59  
   — crystals, 133  
 Slate pencil, 149  
   —, roofing, 149  
   —, table, 149  
 Slickensides, 179  
 Slimy sapropel, 157  
 Slope, 139  
 Small molecular volume, 163  
 Smelting process, 113  
 Smooth vein-walls, 179  
 Snow, 23  
 Snowfield, 23  
 Snowline, 23  
 Soda amphibole, 123  
   — pyroxene, 123  
   — lakes, 153  
   — series of rocks, 123  
 Sodium chloride, 7  
   — hydroxide, 101  
 Soils, kinds of, 145  
 Solfataras, 43  
 Solid state, 61  
 Solubility of minerals, 103  
 Solution, 105  
 Solutions, 121  
 Solvent properties, 15  
 Somites (Pal.), 55  
 Source of river, 19  
 South pole of crystal, 65  
 Species (Pal.), 51  
 Specific gravity, 75  
   — names, 125  
   — symmetry, 73  
 Sphere, 65  
 Spherical form, 109  
 Spheroidal grains, 151  
   — jointing, 133  
   — vesicles, 129  
 Spheroids, 133  
 Spherulites, 131  
 Spherulitic texture, 133  
 Spicules (Pal.), 57  
 Spine of Mt. Pelée, 41  
 Spire of shell (Pal.), 53  
 Spiral axis (Cryst.), 63  
   — line (Pal.), 53  
 Splendent lustre, 77  
 Splinter, 105  
 Splintery fracture, 77  
 Splitting of slates, 149  
 Springs, 21  
   —, intermittent, 43  
   —, thermal, 21  
 Stable minerals, 187  
 Stage (Strat.), 47  
   — of microscope, 87  
 Stalactites, 151  
 Stalagmites, 151  
 Star ruby, 79  
   — sapphire, 79  
 State of crystallization, 41  
 Steam, 39  
 Steelyard balance, 75  
 Steep coasts, 25  
   — pitch of veins, 185  
   — slope, 139  
 Stem of crinoid, 55  
   — ossicles (Pal.), 55  
 Step-faults, 33  
 Stereoscopic projection, 65  
 Stipes (Pal.), 57  
 Stockwork, 181  
 Stomodæum (Pal.), 57  
 Storm, 5  
 Straight extinction, 93  
 Strata, 9  
 Stratification, 9  
   — planes, 31  
 Stratified rocks, 9  
 Stratigraphical Table, 49  
 Stratigraphy, 47  
 Stratum, 47  
 Streak of minerals, 77  
 Streak-plate, 77  
 Stream beds, 17  
 Streams, 19  
 Stress, 163  
 Stria, 23  
 Striated pavements, 23  
 Strike of beds, 31  
 Stringer leads, 181  
   — veins, 181  
 Stringers, 181  
 Strongly magnetic minerals, 99  
 Structural geology, 3  
 Structure of mineral aggre-  
   — gates, 109  
   — of rocks, 139, 165  
 Subaerial agencies, 13  
   — denudation, 13  
   — deposition, 139  
 Subdivisions of strata, 47  
 Surface of stratum, 11  
 Subglacial water, 23  
 Subhedral crystals, 131  
 Sublimates, 105  
 Submarine earthquakes, 27  
   — deposits, 145  
 Submergence of land, 27  
 Submetallic lustre, 77  
 Subrounded pebbles, 17  
 Subsequent dolomitization, 151  
 Subsidence of land, 27  
 Substage condenser, 87  
 Substages of strata, 47  
 Substances foreign to rock, 159  
 Substitution of elements, 107  
 Succession of Formations, 49  
 Sulphates, 103  
 Sulphide melts, 113  
   — ores, 173  
 Sulphur bacteria, 179  
   — dioxide, 43  
 Sulphur-free deposits, 193  
 Sulphur springs, 23  
 Sulphuretted hydrogen, 103  
 Sulphuric acid, 101  
 Sunset effects, 39  
 Sun's heat, 163  
 Superfice of stratum, 11  
 Suppression of symmetry ele-  
   — ments, 69  
 Surface colour of minerals, 89  
   — conditions, 187  
   — lava-flows, 161  
   — waters, 175  
   — weathering of orebodies,  
     187  
 Susceptible to metamorphic  
   — effects, 163  
 Suture line (Pal.), 53  
   — of twin-plane, 71  
 Swamp ores, 177  
 Syenite, 135  
 Syenite porphyry, 135  
 Symbol, chemical, 101  
 Symbols of crystal faces, 65  
 Symmetrical arrangement, 181  
   — extinction, 93  
   — fold, 31  
 Symmetry of crystals, 61  
 Synclinal valley, 21  
 Syncline, 31  
 Synclinorium, 31  
 Syngenetic deposits, 177  
 System, 49

System of lenses, 83  
Systems (Cryst.), 67  
— (Strat.), 49

## T

Table slates, 149  
—, water-, 21, 187  
Tabular crystals, 69  
— vesicles, 129  
Tailshield (Pal.), 55  
Talc schist, 167  
Talus, 17  
Talweg, 19  
Tangential thrusts, 35  
Tar, natural, 157  
Tectonic earthquakes, 27  
— movements, 33  
Teeth (Pal.), 51  
Tegmen (Pal.), 56  
Temperate climate, 13  
Temperature, 7  
Temperature of volatilization, 185  
— zone, 185  
Tenacity of minerals, 73  
Tenor of orebody, 173  
Terebratula, 51  
Terminal moraine, 23  
Terraces, 45  
Terrestrial clays, 145  
— deposits, 195  
Tertiary, 49  
Testing minerals, 103  
Test of shell (Pal.), 51  
Tetartohedral classes, 69  
Tetragonal prism, 67  
— pyramid, 67  
— system, 67  
Tetrahedron, 69  
Tetrahexahedron, 69  
Tetravalent elements, 101  
Texture of rocks, 129, 165  
Thalweg, see Talweg, 9  
Theca of crinoid, 55  
Theralite, 135  
— porphyry, 135  
Thermal decomposition, 125  
— expansion, 97  
— metamorphism, 161  
— springs, 21  
Thermoelectricity, 97  
Thermoelectric series, 97  
Thermo-luminescence, 79  
Thermometer, geological, 107  
Thick sections of minerals, 79  
Thickness of strata, 11  
Thin sections of minerals, 89  
Thoracic somite (Pal.), 55  
Thorax (Pal.), 55  
Thread bacteria, 177  
Three-fold symmetry, 61  
Throw of a fault, 33  
Thrust planes, 27  
Thrusting, 95  
Tidal currents, 25  
Tilting of strata, 29  
Tin deposits, 193  
Tingualite, 135  
Titaniferous magnetite deposits, 193  
Tongues of rock, 127  
Topazization, 185  
Topography, 7  
Total reflection, 81  
Tourmaline-bearing rocks, 193  
Tourmaline suns, 185

Tourmalinization, 185  
Trachydolerite, 137  
Trachyte, 137  
Transgressions, 27  
Transition, 171  
Translation of molecules, 75  
Translucent minerals, 79  
Transmitted light, 91  
Transparent minerals, 79  
Transverse direction, 79  
— fissures, 23  
— section, 59  
Trapezohedron, 69  
Travertine, 151  
Tremors, earthquake-, 27  
Trias, 49  
Triboluminescence, 79  
Tributaries, 21  
Trichroic minerals, 91  
Triclinic system, 67  
Trigonal prism, 69  
— pyramid, 69  
— trapezohedron, 69  
Trilobite, 55  
Tripolite, 153  
— earth, 153  
Trisectahedron, 69  
Tristetrahedron, 69  
Trivalent elements, 101  
Tropical climate, 13  
Trough fault, 33  
True fissure vein, 179  
True optic angle, 95  
Tufa, 151  
Tuffs, 39  
Tumeric paper, 103  
Tungsten deposits, 193  
Twin axis, 71  
— crystals, 61  
— gliding plane-, 75  
— lamellae, 75  
— planes, 71  
Twinning law, 71  
— plane, 71  
— position, 71  
Typomorphic minerals, 165

## U

Ubiquitous minerals, 165  
Ultrabasic rocks, 125  
Umbilicus (Pal.), 53  
Umbo (Pal.), 51  
Unconformable strata, 29  
Unconformity, 29  
Unctuous clays, 143  
Undecomposed rocks, 163  
Underlying rocks, 17  
Undersaturated rocks, 9  
Undifferentiated dyke rocks, 135  
Undulatory extinction, 93  
— waves of light, 29  
Uneven fracture, 77  
Unfossiliferous rocks, 151  
Uniaxial minerals, 85  
Unit form, 65  
— ratio, 65  
— volume, 75  
Univalent elements, 101  
Univalve (Pal.), 53  
Unsaturated rocks, 9, 125  
Unstable equilibrium, 27  
— minerals, 187  
Unstratified rocks, 9  
Unsymmetrical folds, 31  
Unsymmetrical vein-filling, 181  
Unweathered rocks, 163

Unworkable deposits, 173  
Uplift, 21  
Upper moraines, 23  
Upright folds, 31  
Uphrow side of fault, 33  
Uralitization, 163  
Uranium deposits, 193  
Useful mineral deposits, 173

## V

Vacuum, 79  
Vadose water, 23  
Valence, 101  
Valency, 101  
Valley, formation of, 19  
— floor, 19  
— terraces, 21  
Valleys, kinds of, 21  
Valves (Pal.), 51  
Vapour pressure, 115  
— tension, 43  
Vapours, 39  
Vaseline, 157  
Vectoral properties, 73  
Vein accompaniments, 127  
— filling, 181  
— formation, 181  
— infilling, 181  
— material, 181  
— system, 181  
— walls, 181  
Veins of apatite, 135  
— pegmatite, 173  
— quartz, 173  
Velocity of light, 37  
Ventral cup (Pal.), 55  
— valves (Pal.), 51  
Vents, volcanic, 37  
Vernier, 87  
Vertical illuminator, 95  
Vertices, 95  
Vesicles, 129  
Vesicular structure, 129  
Vibration direction, 81  
— of light, 79  
Visceral cavity (Pal.), 59  
Viscosity of lava, 37  
Viscous fluid, 23  
Vitresous groundmass, 131  
— lustre, 77  
— rocks, 131  
Vogesite, 135  
Volatile constituents, 121  
Volatility, 115  
Volatilization, 105  
Volatilized constituents, 115  
Volcanic ash, 39  
— bombs, 39  
— dislocations, 29  
— dust, 39  
— earthquakes, 27  
— effusions, 127  
— eruptions, 39  
— plug, 41  
— rocks, 135  
— vent, 41  
Volcanoes, types of, 41  
Volume, 75  
Volume of water, 19  
Vugs, see Vugs, 163  
Vugs, 163  
Vulcanism, 37

## W

Wakana ores, 177  
Walls of veins, 179  
Water-content, 105

Water, juvenile, 23  
 Water-level, 21  
 Water, meteoric, 23  
   — of crystallization, 103  
   —, saline, 23  
 Water-table, 21, 187  
 Water-organisms, 155  
 Water, quarry-, 165  
 Waterfalls, 19  
 Watershed, 21  
 Wave action, 25  
 Wavelength of light, 81  
 Waves of the sea, 25  
 Wavy groundmass, 167  
 Weak lustre, 77  
 Weakly magnetic minerals, 99  
 Weathered ore deposits, 193  
   — rocks, 13  
 Weathering of rocks, 13  
 Wedge-shaped preparation, 85  
 Wedge-out, 181  
 Wedge, quartz-, 93

Weight of a body, 75  
 Weight-ratio, 119  
 Westphal balance, 75  
 "White" iron ore, 195  
 Whorl (Pal.), 53  
 Windkanter, 19  
 Winds, 5  
 Windward side, 139  
 Woody structure, 155  
 Workable deposits, 173  
 Wulff plat, 67

## X

Xenoblasts, 167  
 X-rays, 61

## Y

Young mountain chains, 29  
   — volcanic rocks, 135

## Z

*Zaphrentis konincki*, 57  
 Zechstein, 49  
 Zinc deposits, 193  
 Zonal arrangement of minerals,  
   185  
 Zonal circles (Cryst.), 67  
 Zone fossils, 47  
 Zone of corrosion, 131  
   — — enrichment, 187  
   — — reduction, 187  
   — — of secondary enrich-  
     ment, 187  
   — — oscillation of water-  
     table, 187  
   — — oxidation, 187  
 Zwitter, 185

# DEUTSCHES INHALTSVERZEICHNIS

## (GERMAN INDEX)

ä, ö, ü sind im Index wie ae, oe, ue behandelt.

Mineralnamen sind im Index nicht enthalten. Sie sind im Anhang IV alphabetisch angeordnet.

ä, ö, ü are indexed as if written ae, oe, ue.

Names of minerals are not in the index ; they are alphabetically arranged in Appendix IV.

### A

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <p>Abfolge, 192<br/>         abflusslose Wanne, 154<br/>         abgekantert, 18<br/>         abgeschnürtes Meeresbecken, 178<br/>         Abkühlung, 46, 114<br/>         Abkühlungsfläche, 118, 134<br/>         Ablagerung, 20, 140<br/>         Ablagerungsmedium, 142<br/>         Ablation, 18<br/>         Ablenkung (Opt.), 92<br/>         abpressen, 123, 174<br/>         Abrasionsfläche, 26<br/>         Abraumsalze, 154<br/>         abscheiden, 174<br/>         abschleifen, 20<br/>         Abschnitt (Krist.), 64<br/>         Absenkung, 28, 34<br/>         absinkendes Gebiet, 28, 164<br/>         Absinken, gravitatives, 118<br/>         absolutes Gewicht, 76<br/>         absolute Lichtbrechung, 92<br/>         Absonderung, 32, 134<br/>         absorbieren (Opt.), 92<br/>         Absorptionsformel, 92<br/>         Abteilung, 48<br/>         Abtragung, 14<br/>         —, marine, 26<br/>         accessorisch, 126<br/>         Achse, 68, 86, 96<br/>         —, optische, 86<br/>         —, (Pal.), 58<br/>         —, polare, 86<br/>         Achse der Isotropie, 86<br/>         Achenabschnitte, 66<br/>         —, rationale, 68<br/>         Achenaustrittspunkt, 96<br/>         Achenbild, 96<br/>         Achenebene (Krist.), 66<br/>         — (Opt.), 86<br/>         Achenfarbe, 92<br/>         Achenkreuz, 70<br/>         Achenverhältnis, 66<br/>         Achenwinkel, 86, 96<br/>         Achterfigur, 96<br/>         Adduktoren, 52<br/>         Adduktoreneindruck, 54</p> | <p>äolisches Sediment, 140<br/>         äolische Seife, 176<br/>         Äquator, 14, 152<br/>         aequatorial, 14<br/>         Aerometer, 76<br/>         Ära (Strat.), 48<br/>         Ästuar, 26<br/>         Ätzverhalten, 98<br/>         äusseres Ligament, 54<br/>         Affinität (Chem.), 114<br/>         Agglomerat, 40<br/>         Aggregat, 110, 172<br/>         Akaustobiolith, 156<br/>         aktive magnetische Anziehung, 100<br/>         Aktivität, chemische, 186<br/>         akzessorisch, <i>see</i> accessorisch, 126<br/>         Alaunschiefer, 150<br/>         Albitzwilling, 72<br/>         Algen, 18, 46<br/>         Algonkium, 50<br/>         Alkaliaugit, 124<br/>         Alkalien, 124<br/>         Alkaligesteine, 124<br/>         Alkaligranit, 136<br/>         Alkalihornblende, 124<br/>         Alkalikalkgestein, 124<br/>         Alkalikalkprovinz, 124<br/>         Alkalimineralien, 124<br/>         Alkaliprovinz, 124<br/>         Alkalireihe, 136<br/>         Alkalisyenit, 136<br/>         alkalische Reaktion, 104<br/>         allgemeine Bewegungen, 86<br/>         allgemeine Geologie, 4<br/>         allotriomorph, 132<br/>         allotriomorph körnige Gesteine, 132<br/>         allseitiger Druck, 164<br/>         alluviale Ablagerung, 176<br/>         Alluvium, 50<br/>         Alpenvorland, 148<br/>         alpine Klutminerale, 198<br/>         Alsbachit, 136<br/>         Alter (Strat.), 48<br/>         Altersbestimmung, 48<br/>         altvulkanische Ergussgesteine, 196</p> | <p>Altwasser, 22<br/>         Aluminiumhydrat, 146<br/>         Almosilikat, 186<br/>         Alunitisierung, 186<br/>         Ammoniak, 152<br/>         ammonitische Lobenlinie, 56<br/>         Ammoniumkarbonat, 152<br/>         amorphe feste Körper, 74<br/>         — Mineralaggregat, 110<br/>         — Substanz, 62<br/>         Amphibolit, 170<br/>         Amplitude, 82<br/>         Analysator, 88<br/>         Analyse, qualitative, 104<br/>         —, quantitative, 104<br/>         Analysenwaage, 76<br/>         Anamesit, 138<br/>         Anatexis, 170<br/>         angesammelte Gase, 42<br/>         Anheftungslinie (Pal.), 56<br/>         Anion, 102<br/>         anisotrope Körper, 74<br/>         Anisotropieeffekt, 98<br/>         anorganisch, 150<br/>         Anreicherung, 176, 190<br/>         —, sekundäre, 190<br/>         Anreicherungszone, 176, 188<br/>         ansammeln, 42<br/>         Anschiff, polierter, 90, 96<br/>         anstehendes Gestein, 194<br/>         Anthozoen, 58<br/>         Anthrazit, 156<br/>         Antiklinale, 32<br/>         Antiklinaltal, 32<br/>         Antiklinorium, 32<br/>         Anysomyarier, 54<br/>         Anzapfung, 22<br/>         Anziehung, magnetische, 100<br/>         aplitische Reihe, 136<br/>         Apophyse, 128<br/>         Apatitmethode, 174<br/>         archaische Gruppe, 50<br/>         Arealeruption, 42<br/>         Arcnacea, 60<br/>         arid, 14<br/>         arider Boden, 196<br/>         Arkose, 148<br/>         arktische Gebiete, 14<br/>         Arm (ein Flusses), 22<br/>         —, toter, 22</p> |
|---|--|---|

- Arm (Pal.), 56  
 armer Erzkörper, 174  
 Armgerüst, 53  
 Armut, Erz-, 174  
 Art (Pal.), 63  
 Arterit, 170  
 artesischer Brunnen, 22  
 Articulata, 53  
 Asche, 156  
 —, vulkanische, 40  
 aschiste Gangesteine, 136  
 Asphalt, 156  
 Asterismus, 80  
 aszendend, 188  
 atlantische Sippe, 124  
 atmophile Elemente, 114  
 Atmosphäre, 6  
 Atoll, 150  
 Atom, 62, 102  
 Aufbau der Erde, 6  
 aufbereiten, 196  
 aufbrausen, 104  
 Aufeinanderfolge, 48  
 auffallendes Licht, 96  
 Aufhellungslage, 94  
 aufrechte Falte, 32  
 Aufstellung eines Kristalles, 66  
 Augenhügel, 56  
 Augentextur, 130  
 Augitgneis, 170  
 Augitit, 138  
 Augitschiefer, 170  
 Augpunkt, 66  
 Aureole, metamorphe, 162  
 Ausbildungsformen der Mineralien, 110  
 Ausbiss, 23, 34, 188  
 Ausblühung, 154  
 Ausbruch, vulkanischer, 46  
 Ausdehnung, 76, 44  
 —, thermische, 98  
 Ausdehnungskoeffizient, 16, 98  
 Ausfällung, 144  
 Ausflockung, 142  
 Ausgangsgestein, 148  
 ausgehöhlt, 26  
 aushalten, 180  
 auskeilen, 12, 180  
 Auslaugungszone, 176, 190  
 Auslöschung (Opt.), 94  
 Ausloschungsstufe, 94  
 Auslöschungsschiefer, 94  
 Ausscheidungslagerstätten, 196  
 Ausscheidungsminerale, 144  
 Ausschwingung, Welte der, 82  
 Aussendruck, 122  
 ausserordentlicher Strahl, 84  
 Ausstrahlung, 80  
 Ausstülpung, 128  
 Auster, 54  
 austrocknen, 154  
 aventurisieren, 80  
 Axe, *see* Achse, 66, 86, 96  
 azoische Gruppe, 50
- B**  
 Bach, 20  
 Bacterium calcis, 152  
 Bakterie, 18, 152  
 Balken, schwarzer, 96  
 Balkenwaage, 76  
 bankige Absonderung, 134  
 Basalt, 132, 138  
 Basalteisenerz, 196
- Basaltfäulechen, 58  
 Base, 102  
 Basis (Krist.), 70  
 — (Pal.), 54  
 basisch, 126  
 basische Gesteine, 126  
 Batholith, 128  
 bauwürdiges Vorkommen, 174  
 Bauxitlagerstätten, 178  
 Beben, *see* Erdbeben, 28  
 Becke'sche Linie, 92  
 Bedingungen, klimatische, 14  
 Beerbachit, 136  
 begrenzte Bewegung, 36  
 begrenzte Mischbarkeit, 118  
 Begrenzungstücke der Kristalle, 62  
 Belastungsmetamorphose, 164  
 Beleuchtungskegel, 92  
 Benzin, 158  
 Beresit, 136  
 Berg, 42  
 Bergbau, 174  
 Bergfeuchtigkeit, 1-3  
 Bergkristall, 80  
 Bergsturz, 18  
 Bergteer, 158  
 Bernstein, 156  
 Bertrand'sche Linse, 96  
 Berührungslinie (Pal.), 54  
 Berührungswillinge, 72  
 Beschlag, 106  
 Beschleunigung, 140  
 Bestand, stofflicher, 2  
 Bestandteil, 6  
 Besteg, *see* Lettenbesteg, 182  
 Bestrahlung, 80  
 Betrag der Doppelbrechung, 94  
 Beugungsfarben, 80  
 Bewegungen, epirogenetische, 36  
 —, orogentische, 36  
 biegsame Mineralien, 78  
 Biegsamkeit, 78  
 bilateral symmetrisch, 54  
 Bildungsumstände, 178  
 Bildungsvorgänge, 184  
 Bimsstein, 146  
 Bindemittel, 10, 146, 148  
 Binnendüne, 140  
 biochemisch, 150, 194  
 Biolith, 156  
 Bipyramide, 70  
 Biskurix, 86  
 Bittersalz, 154  
 Bittersee, 154  
 Bitumen, 150, 158  
 Bituminierung, 158  
 bituminös, 156  
 Blase, 130  
 blasige Textur, 130  
 Blättchen, 110  
 blättrig, 110, 168  
 Blattschichtung, 12  
 blaue Farbe, 78  
 Blauschlamm, 146  
 Bleichungszone, 196  
 Blöcke, erratische, 24  
 Blocklava, 40  
 Blockverwerfung, 34  
 Boden, 146  
 Bodenneigung, 38  
 Bohrloch, 8  
 Bolus, 146  
 Bomben, vulkanische, 40
- Bonanza, 184  
 Borax, 106, 154  
 Boraxsee, 154  
 Böschung, 140  
 Böschungswinkel, 140  
 — Bohrerz, 196  
 Bostonit, 136  
 Brachialklappe, 53  
 Brachiopode, 52  
 Brachyachse, 70  
 Brachydome, 70  
 Brandschiefer, 150  
 Brandung, 26  
 braune Farbe, 78  
 Brauneisen, 188  
 Braunkohle, 156  
 Breccie, 146  
 Breccientextur, 182  
 Brechungsercheinungen, 92  
 Brechungsexponent, 84  
 Brechungsgesetz, 82  
 Brechungsindex, 84  
 Brechungsquotient, 84  
 Brechungswinkel, 84  
 Breite eines Kristalls, 90  
 Brekzie, *see* Breccie, 146  
 brennbar, 150  
 Bresche, *see* Breccie, 146  
 Brise, 6  
 brotlaibartige Absonderung, 134  
 Bruch, 78  
 Bruchfaltengebirge, 36  
 Bruchfläche, 32, 78  
 Bruchstück, 182  
 Bruchstücke des Nebengesteins, 182  
 Brunnen, 22  
 —, artesischer, 23  
 Bucht, 26  
 Buckel (Pal.), 54  
 Buntsandstein, 50  
 Bysmalith, 128
- C**  
 Calciumkarbonat, 152  
 Calciumsulfat, 152  
 Calyx, 56, 58  
 Cephalon, 56  
 Cephalopoden, 54  
 Ceratitische Lobenlinie, 56  
 chalkophile Elemente, 114  
 Charakter der Doppelbrechung, 86  
 Charakter der Hauptzone, 94  
 chemische Aktivität, 186  
 — Analyse, 104  
 — Gleichung, 102  
 — Lösung, 16  
 — Reaktion, 102  
 — Umwandlung, 142  
 — Verbindung, 102  
 Chlorid, 44, 104  
 Chloritisierung, 186  
 Chloritschiefer, 170  
 Chromitlagerstätten, 174, 192  
 C.I.P.W.-Einteilung, 124  
 Columella, 54  
 Comendit, 138  
 Crinoidenkalk, 150
- D**  
 Dachausdruck, 4  
 Dachfläche, 12  
 Dachschiefer, 150

- Dämpfe, 40  
 Dampfdruck, 44  
 Dampfzelle, 114  
 Dazit, 138  
 Decke, 32  
 Deckel (Pal.), 54  
 Deckfallengebirge, 36  
 Deckglas, 90  
 Deckoperation, 64  
 Deckung, 72  
 Deflation, 20  
 Deformation, homogene, 98  
 dehnbares Mineral, 78  
 Dehnbarkeit, 78  
 Delta, 30, 142  
 Delthyrium, 52  
 Deltidialplättchen, 52  
 Deltoiddodekaeder, 70  
 Deltoidokositraeder, 70  
 Deltoidplatten, 58  
 dendritische Formen, 112  
 denitrifizierende Bakterien, 152  
 deszendente, 196  
 deutliche Spaltbarkeit, 76  
 Devonformation, 50  
 Diabas, 138  
 Diabastuff, 194  
 diablastische Struktur, 168  
 Diagenese, 142, 162  
 diagonische Umwandlung, 142  
 Diagonalschichtung, 140  
 Diagonalstellung, 96  
 diamagnetische Mineralien, 100  
 Diamantglanz, 78  
 Diatomeenerde, 154  
 Diatomeenschlamm, 146  
 dichroitisch, 92  
 Dichte eines Minerals, 76  
 —, optische, 82  
 dichtes Gestein, 152  
 Dicke einer Kristallplatte, 84  
 Dielektrika, 98  
 dielektrisch, 98  
 Dielektrizitätskonstante, 98  
 Differentiation, 116  
 Differenzationsprodukt, 174  
 dihexagonale Bipyramide, 70  
 dihexagonales Prisma, 70  
 Diskordanz, 30  
 diskordante Lagerung, 30  
 Diluvium, 50  
 Diorit, 134  
 Dioritporphyr, 136  
 direkte Bestrahlung, 80  
 Dislokationsbeben, 28  
 Dislokationsmetamorphose, 164  
 Dispersion (Opt.), 88  
 dispergierte Achsen, 88  
 disseminiert, 184  
 Distalende, 58  
 ditragonale Bipyramide, 70  
 ditragonales Prisma, 70  
 ditragonale Bipyramide, 70  
 ditragonales Prisma, 70  
 Divarikatores, 52  
 Dogger, 50  
 Dolerit, 138  
 Dolomit, 152  
 dolomitischer Kalk, 152  
 Dolomitisierung, 152  
 Dom, 128  
 doppelbrechendes Mineral, 84  
 Doppelbrechung, 84  
 —, Charakter der, 86  
 Doppelbrechung, Stärke der, 84  
 Doppelsalzbildung, 108  
 Doppelspat, Isländer, 84  
 Dorsalkapsel, 56  
 Dorsalklappe, 52  
 Drehspiegelung, 64  
 Drehungswinkel, 64  
 Dreikanter, 20  
 dreiwertige Elemente, 102  
 dreizahlige Symmetrieachse, 64  
 Druck, 164  
 —, hydrostatischer, 164  
 Druckentlastung, 46  
 Drusentextur, 184  
 Düne, 140  
 dunkle Gemengteile, 136  
 dunkles Kreuz, 96  
 dunkler Schlick, 142  
 Dunkelstellung, 94  
 dünnflüssige Lava, 42  
 Dunnschliff, 90  
 durchfallendes Licht, 92  
 Durchfeuchtung, 166  
 durchgreifende Lagerung, 30  
 durchlässige Gesteine, 22  
 Durchlauffermineralien, 166  
 Durchmesser, 8  
 durchscheinend, 80  
 Durchschnitt, 172  
 durchschnittliche Zusammensetzung, 172  
 durchsichtig, 80  
 durchsickern, 126, 188  
 Durchwachsungszwilling, 72  
 Dyakisdodekaeder, 70  
 Dykonit, 170  
 Dynamische Geologie, 4  
 Dynamometamorphose, 164
- E**
- Ebbe, 26  
 Ebene, 8, 68  
 ebene Fläche, 62  
 ebener Bruch, 78  
 Echinodermen, 56, 150  
 echter Nabel, 54  
 — Spaltengang, 180  
 Ecke, 62  
 Edelgase, 6  
 Eigenfarbe, 90  
 Eigenform, 62  
 Eigenschaften, physikalische, 74  
 Eigensymmetrie, 74  
 einachsig, 86  
 Einbettung (Opt.), 92  
 Einbettungsmedium, 92  
 Einbettungsmethode, 92  
 eindampfen, 154  
 einfachbrechend, 86  
 einfache Deckoperation, 64  
 — Form, 62  
 — Schichtung, 78  
 einfacher Gang, 180  
 Einfallen, 32  
 Einfallslot, 82  
 Einfallswinkel, 82  
 Einheitsfläche, 66  
 Einheitsform, 68  
 Einheitsvolumen, 76  
 Einmündung, 142  
 einschalig (Pal.), 54  
 Einschluss, 90  
 einseitiger Druck, 164  
 einseitige Umwandelbarkeit, 108  
 Einsprengling, 192  
 einspringender Winkel, 72  
 Einsturzbeben, 28  
 einwertiges Element, 102  
 Einzelkristall, 72  
 Eisenalgen, 178  
 Eisenbakterien, 178  
 Eisener Hut, 188  
 Eisenerze, marine oolitische, 178  
 Eisenerzlager, 196  
 Eisenhydrat, 146  
 Eisenkiesel, 194  
 Eisen-Manganerzlagerstätten, 178, 196  
 Eisenoxyd, 104  
 eisenschüssig, 146, 148  
 Eisensilikaterze, 198  
 Eisentrümmerlagerstätten, 196  
 Eklogitische, 114  
 Ekaolithsynenit, 136  
 Ekaolithsynenitporphyr, 136  
 elastische Mineralien, 78  
 Elastizität, 78  
 —, optische, 94  
 elektrische Entladung, 80  
 — Eigenschaften, 98  
 — Leiter, 98  
 Elektrizitätsleitung, 98  
 Elektrolumineszenz, 80  
 Elektrolyt, 178  
 Elektromagnet, 100  
 Elemente, chemische, 102, App. 111.  
 — der seltenen Erden, 174  
 —, Wertigkeit von, 102  
 elliptische Blasen, 130  
 elliptisch polarisiertes Licht, 62  
 eluviale Seifen, 176  
 Emanation, 122  
 Embryonalkammer, 54  
 Embryo, vulkanischer, 42  
 empfindlich, 164  
 Emulsion, 116  
 enantiotrope Umwandelbarkeit, 108  
 Endmoräne, 24  
 Energiearten, 80  
 Entdolomitisierung, 152  
 Entgasung, 44  
 entgaste Gesteine, 134  
 Entkalkung, 22  
 Entkalkung, 146  
 Entladung, elektrische, 80  
 entmischen, 118, 174  
 Entmischung, 108, 118, 174  
 — in Magma, 118, 174  
 Entmischungss segregate, 192  
 Entsephen, 68  
 Entstehung, 126, 150  
 Entstehungsbedingungen, 10  
 Entstehungszentrum, 28  
 entwässern, 162  
 eozone Gruppe, 50  
 Epidotisierung, 186  
 epigenetische Lagerstätten, 178  
 Epigesteine, 168  
 Epimarmor, 168  
 Epimorphose, 112  
 Epigenetische Bewegungen, 36  
 Epizentrum, 90  
 Epizone, 166  
 Epoche (Strat.), 48  
 Erbsenstein, 152

Erdbeben, 28  
 Erdbebenherd, 28  
 Erden, seltene, 174  
 Erdgas, 158  
 erdiger Bruch, 78  
 Erdkruste, 8, 38  
 Erdkugel, 8  
 Erdöl, 158  
 Erdrinde, 8  
 Erdstoss, 18  
 Erdschale, 114  
 Erdstoss, 30  
 Erguss, vulkanischer, 128  
 Ergussgestein, 128, 136  
 erhärten, 162  
 Erhärtung, 162  
 Erhitzungsrückstand, 106  
 erloschener Vulkan, 38  
 Erosion, 20  
 —, rü. kgreifende, 22  
 erratische Blöcke, 24  
 Erregung, elektrische, 98  
 Erregungsursache, 30  
 Ersatz eines chemischen Elements, 108  
 Erschließung von Lagerstätten, 154  
 Erschütterung, 28  
 Erstausscheidung, 118, 174  
 erste Bisektrix, 86  
 — Mittellinie, 86  
 Eruption, vulkanische, 42  
 Eruptiva, 134  
 Eruptivgang, 128  
 Eruptivgesteine, 10, 116, 134  
 Eruptivpfropfen, 130  
 Erz, 172  
 Erzart, 182  
 Erzfälle, 184  
 Erzgang, 180  
 Erzinjektion, 174  
 Erzkörper, 178  
 Erzlagerstätten, 172  
 Erzlinse, 180  
 Erzmikroskop, 96  
 Erzmineral, 188  
 Erzschlauch, 184  
 Erzschnur, 182  
 Erztasche, 184  
 Erztrum, 184  
 Essexit, 136  
 Essexitdiabas, 138  
 Essexitporphyr, 136  
 Eutektikum, 120  
 Eutektikumsverhältnis, 120  
 eutektische Mischung, 120  
 eutektischer Punkt, 120  
 Exhalationslagerstätten, 194  
 Exosphen, 58  
 explosive Tätigkeit, 42  
 Extremfarben, 92  
 Extrusion, 128  
 Extrusivgestein, 10  
 extrusiv-magmatisch, 194

## F

Fächerfalte, 32  
 Fadenkreuz, 88  
 Faktoren, wirksame, 164  
 Fallen (= Einfallen), 32  
 Fällung, 46  
 Fallwinkel, 34  
 Falte, 32  
 Faltenachse, 32

Faltengebirge, 36  
 Faltung, 32  
 Faltungsgebirge, 36  
 Familie, 52  
 Fanglomerat, 148  
 Farbe, 78, 98  
 Farbenskala, 94  
 Faser, 110  
 faserig, 90, 110, 168  
 Fasinit, 136  
 Fäulnis, 156  
 Faulschlamm, 156, 158  
 Faulschlammgestein, 158  
 Fauna, 4  
 Fazies, 140, 142  
 Feineinstellung, 88  
 feine Verteilung, 184  
 feinkörnig, 110, 132, 144  
 feinkristallin, 152  
 femische Mineralien, 120, 126  
 Fenster, 32  
 Fergusit, 136  
 Fernbeben, 30  
 Ferrihydrat, 178  
 Ferrikarbonat, 178  
 feste Wangen, 56  
 Festigkeit, 74  
 Festland, 140  
 fetter Ton, 144  
 Fettglanz, 78  
 fettreich, 158  
 feuerfester Ton, 158  
 Feuerstein, 154  
 Fiederstreifung, 72  
 Findling, 24  
 Firnfeld, 24  
 Fjord, 28  
 Flache, 62  
 flache Blase, 130  
 Flächenfarbe, 90  
 Flächenpol, 66  
 Flächensymbol, 66  
 Flächenwinkel, 62  
 Flachküste, 26  
 Flachmoor, 156  
 Flachscaal-äter, 142, 146  
 Fladenlava, 40  
 Flamme, 104  
 Flammenfärbung, 166  
 Flasetextur, 168  
 Flechte, 18  
 Fleckschiefer, 162  
 Flexur, 32  
 fließendes Wasser, 8, 140, 176  
 Fliesstextur, 130  
 Flitter, 106  
 Flora, 4  
 Floz, 158, 178  
 flüchtige Bestandteile, 156  
 Flug eine Falte, 32  
 Flugsand, 144  
 Fluidaltexur, 130  
 fluide Gase, 176  
 fluider Zustand, 122  
 Fluoreszenz, 80  
 fluoreszierend, 80  
 Fluss, 20  
 Flussanzapfung, 22  
 Flussschlauchung, 140  
 Flusshett, 18  
 Flussschleife, 20  
 Flussgebiet, 22  
 flüssiger Zustand, 62  
 Flüssigkeit, 90

Flusskurve, 140  
 Flusslauf, 20  
 Flussmaander, 20  
 Flussmittel, 106  
 Flussmündung, 26, 142  
 Flusstrube, 142  
 Flusssystem, 20  
 Flut, 26  
 fokussieren, 88  
 Foramen, 52  
 Foraminiferen, 60  
 Förderung von Lava, 42  
 Form, einfache, 62  
 Formation, 48  
 Formationskunde, 48  
 Formel, 102  
 Fortpflanzungsrichtung, 80  
 Fossil, 48  
 fossilfrei, 152  
 Fossilinhalt, 48  
 Fossula, 58  
 freie Kieselsäure, 126  
 freie Wangen, 56  
 fremde Bestandteile, 152  
 frische Mineralien, 188  
 frischer Feldspat, 148  
 Frischwasser, 8  
 Frost, 14, 16  
 Fruchtschiefer, 162  
 frühe Ausscheidung, 132  
 Füllung einer Spalte, 180  
 Fumarole, 44  
 Fundort, 110  
 Fussrucken, 54

## G

Gabbro, 134  
 Gabbroplit, 136  
 Gabbroporphyr, 136  
 gallertig, 158  
 Galvanometer, 98  
 Gang, 180  
 —, einfacher, 180  
 —, zusammengesetzter, 180  
 Gangart, 182  
 Gängehen, 182  
 Gangfüllung, 182  
 Gangfolgehaft, 128  
 Ganggestein, 128, 136  
 Gangkreuz, 182  
 Ganglette, 182  
 Gangnetz, 182  
 Gangsystem, 182  
 Gangunterschied, 86, 94  
 Gangwände, 180  
 Gangzug, 182  
 Garbenschiefer, 162  
 Gasbläschen, 118  
 Gase, magmatische, 176  
 Gasenschlüsse, 90  
 Gasexplosion, 44  
 gasförmiger Zustand, 62  
 Gasgang, 180  
 Gaskammer, 56  
 Gastropoden, 54  
 Gastropodenschale, 54  
 Gattung, 52  
 Gauteit, 136  
 gebante Gesteine, 10  
 Gebirge, 4, 8  
 Gebirgsbildung, 36, 164  
 gebirgsbildende Bewegung, 36  
 Gebirgsfaltung, 34  
 Gebirgskette, 30



- gebrochener Winkel, 82  
 Gefälle, 20, 140  
 Gefällskurve, 20  
 gefaltete Schichten, 32  
 Gefrieren, 16  
 Gefüge (Petr.), 130  
 — (Min.), 110  
 Gegenseptum, 58  
 geglättete Wände, 180  
 Gehänge, 18  
 Gehängeschutt, 18  
 Gehäuse, 56  
 Geiser, 44  
 gekräuselte Schichten, 32  
 gekreuzte Dispersion, 88  
 — Nicols, 86, 92  
 Gekriech, 18  
 gekritzte Gesteine, 24  
 gelbe Farbe, 90  
 Gelmagnesit, 196  
 gemässigt Klima, 14  
 gemässigt-arid, 14  
 — humid, 14  
 gemeinsame Lösung, 120  
 Gemengteil, 132  
 gemischte Quelle, 24  
 gemischter Schmelzfluss, 118  
 Genae, 50  
 geneigte Dispersion, 88  
 — Falte, 92  
 — Schicht, 30  
 Geochemie, 114  
 Geognosie, 2  
 Geosothermen, 164  
 Geologie, 6  
 —, allgemeine, 4  
 —, physikalische, 4  
 geologische Formation, 48  
 — Thermometer, 108  
 — Zeiträume, 10  
 Geologenkongress, internationaler, 48  
 Geosynklinalen, 164  
 gerade Auslöschung, 94  
 geringere Elastizität, 94  
 geringhaltig, 174  
 Geröll, 10, 144  
 Gerölle, abgekannte, 18  
 Gerüst (Pal.), 146  
 Gerüstwerk, 132  
 gerundete Gerölle, 18  
 gesättigte Gesteine, 126  
 gescharte Gänge, 182  
 geschichtete Gesteine, 10  
 Geschiebe, 24  
 Geschiebebelch, 146  
 Geschiebemergel, 24  
 geschieferte Gesteine, 168  
 Geschlecht (Pal.), 52  
 geschlossene Röhren, 106  
 geschmeidige Mineralien, 78  
 geschmeidig (Petr.), 144  
 Geschmeidigkeit, 78  
 geschmolzene Gesteinsmassen, 10  
 Geschwindigkeit (Wasser), 20  
 — (Opt.), 80  
 Geschwindigkeitsverminderung, 142  
 gesetzmässig, 62  
 Gesichtsnaht, 58  
 Gestein, 8  
 Gesteine, durchlässige, 22  
 —, klastische, 10, 144  
 Gesteine, undurchlässige, 22  
 Gesteinskunde, 6  
 Gesteinsmagma, 128  
 Gesteinsmasse, 10  
 Gesteinsprovinz, 124  
 Gesteinsschlacke, 40  
 Gesteinsschmelze, 38  
 Gesteinschutt, 18, 148  
 Gesteinspitze, 124  
 Gesteinszusammenhalt, 16  
 gestreckt, 110  
 gestrickt, 110  
 Gewicht, 76  
 —, absolutes, 76  
 —, spezifisches, 76  
 Gewichtsverhältnis, 120  
 Gewinde (Pal.), 54  
 gewöhnliches Licht, 82  
 gewöhnliche Verwerfung, 34  
 Geysir, 44  
 gezahnte Loben, 56  
 Gezeitenströmung, 28  
 Gipfel, 8, 38  
 Gipsblatt, 94  
 Gitterskelett, 60  
 Glabella, 56  
 glätten, 180  
 Glanz, 78  
 Glas (Petr.), 132  
 Glasbasis, 126  
 Glaseinschlüsse, 90  
 Glasglanz, 78  
 glasiert, 78, 130  
 Glaskopf, 110  
 Glasröhren, 106  
 glazial, 24, 146  
 Gleichgewicht, 118  
 — eines Flusses, 20  
 —, instabiles, 28  
 gleichschalig (Pal.), 54  
 Gleichung, chemische, 102  
 gleichwertige Flächen, 62  
 — Achsen, 68  
 Gleitfläche, 76  
 Gleit Spiegelung, 64  
 Gletscher, 24  
 Gletschertal, 24  
 Gliederung, stratigraphische, 48  
 Glimmerschiefer, 170  
 Globigerinenschlamm, 146  
 glühende Schmelzmasse, 10  
 Gneis, 170  
 gnomonische Projektion, 68  
 goldführende Quarzgänge, 180  
 Gold-Silberlagerstätten, 186  
 Golfe, 26  
 Goniometer, 62  
 Graben, 34  
 Grabenbruch, 34  
 Grade der Isomorphie, 108  
 gradlinig polarisiertes Licht, 82  
 gradschalig, 110  
 Granit, 136  
 Granitaplit, 136  
 Granitporphyr, 136  
 granoblastische Struktur, 168  
 granophyrische Struktur, 134  
 Grant, 144  
 Graptholithen, 58  
 gravitatives Absinken, 118, 174  
 gravitative Kristallisations-differentiation, 118  
 Grauwacke, 148  
 Greisen, 186  
 Greisenbildung, 186  
 Grenzwinkel der Totalreflexion, 84  
 Griffelschiefer, 150  
 Grobkornstellung, 88  
 grobkörnig, 132, 144, 148  
 grobkörnige Aggregate, 110  
 grössere Lichtgeschwindigkeit, 84  
 Grorudit, 136  
 Grube, 8  
 grüne Farbe, 78  
 Grünscllick, 142  
 Grundfläche, 54  
 — (Pal.), 54  
 Grundgebirge, praekambisches, 170  
 Grundgesetze der Kristallographie, 68  
 Grundgewebe, 168  
 Grundlage, 124  
 Grundmasse, 132  
 Grundmoräne, 24  
 Grundriss, 184  
 Grundwasser, 8, 22  
 Grundwasserspiegel, 22, 188  
 Gruppe (Strat.), 48  
 Gus, 144  
 Guano, 196  
 guter Wärmegleiter, 98  
  
**H**  
 Habitus, 90, 110  
 Habitusarten, 110  
 Härte eines Minerals, 78  
 Härte (Schleifhärte), 98  
 Härteskala, 78  
 Härtestufen, 78  
 hakiger Bruch, 78  
 hangende Scholle, 34  
 Hangendes, 180  
 Harnisch, 34, 180  
 harmonische Sinusschwingung, 80  
 Harzglanz, 78  
 Haufwerk, 18  
 Hauptbrechungsindizes, 86, 68  
 Hauptgemengteil, 126  
 Hauptschnitt, 84  
 Hauptsepten, 58  
 • Hauptzone, 94  
 —, Charakter der, 94  
 Hautspiculae, 60  
 Hawaitypus, 42  
 Helium, 6  
 helle Gemengteile, 136  
 Hellstellung, 94  
 Hemibrachydoma, 72  
 hemiedrisch, 70  
 Hemimakrodoma, 72  
 hemimorph, 70  
 Hemiorthodoma, 70  
 Hemiprisma, 72  
 Hemipyramide, 70  
 Heparreaktion, 106  
 Heraushebung, 28  
 Herd, magmatischer, 118  
 heterogenetisch, 184  
 hexagonales System, 68  
 Hexakisoktaeder, 70  
 Hexakisitetraeder, 70  
 Himmelsrichtung, 32  
 Hintergrund (Pal.), 52  
 Hitze, 106  
 hochhaltig, 176

Hochmoor, 156  
 Hochwasser, 22  
 Höhe der Interferenzfarbe, 94  
 höhere Teufe, 186  
 Höhle, 153  
 Höhlendach, 153  
 Höhlung, 80, 153  
 Hohlraum, 176  
 holocristalline Form, 70  
 holokristalline Gesteine, 10, 122, 130  
 Holz, fossiles, 144  
 Holzkohle, 106  
 Holzstruktur, 156  
 homogene Deformation, 98  
 Homogenität, 118  
 homogener Körper, 62  
 homogene Schmelze, 110  
 Horizontalbewegung, 30  
 horizontale Dispersion, 88  
 Hornblende-Plagioklasgneis, 170  
 Hornblendeschiefer, 170  
 Hornfels, 162, 170  
 Horst, 34  
 Hufeisenmagnet, 100  
 Hügel, 8  
 —, kegelförmiger, 38  
 Hülle, 168  
 humider Boden, 196  
 Humus, 156  
 Humusbildung, 156  
 Humusboden, 146  
 Humusgesteine, 156  
 Humusstoffe, 178  
 Huron, 50  
 Hut, 188  
 Huttenkunde, 114, 174  
 Hyalina, 60  
 Hydrophäre, 8  
 Hydrothecae, 58  
 hydrostatischer Druck, 164  
 hydrothermale Gänge, 122, 176  
 hydrothermales Stadium, 122, 176  
 hydrothermale Umwandlung, 186  
 Hydroxyd, 16  
 Hydroxylon, 102  
 Hypocbel, 96  
 hypidiomorph, 132  
 — körniges Gestein, 132  
 hypoabyssische Gesteine, 38, 116  
 hypokristallin, 132  
 Hypozentrum, 28

## I

Idioblasten, 168  
 idiomorph, 132  
 Ijolith, 136  
 Imperforata, 80  
 imperforate Gastropoden, 54  
 Imprägnation, 176, 184  
 Inarticulata, 52  
 Indischer Ozean, 150  
 Indizes (Kristalle), 86  
 Induktion, magnetische, 100  
 induzierter Magnetismus, 100  
 ineinandergreifende Mineralien, 130  
 Influenz, elektrische, 98  
 Infrabasalia, 58  
 Infusorienerde, 196  
 inglaziales Wasser, 24

Injektion, 170  
 Injektionsgestein, 170  
 Injektionsmetamorphose, 170  
 Inkohlung, 186  
 inkongruenter Schmelzpunkt, 120  
 Inlanddüne, 140  
 Innendruck, 122  
 innere Reibung, 118  
 Insel, ozeanische, 8  
 instabil, 176, 190  
 instabiles Gleichgewicht, 28  
 Interferenzbilder, 96  
 Interferenzerscheinungen, 62, 96  
 Interferenzfarben, 86, 94  
 intermediäre Gesteine, 10, 120  
 — Schmelze, 118  
 intermittierende Quellen, 44  
 Intersertalstruktur, 132  
 intramagmatisch, 192  
 Intrusion, 128  
 Intrusionsbeben, 28  
 Intrusionsmasse, 120  
 intrusiv, 10  
 intrusive Kieslagerstätten, 174, 192  
 — Magnetit - Apatitlagerstätten, 174, 192  
 intrusiv hydrothermal, 194  
 — magmatisch, 192  
 Intrusivkörper, 128, 162  
 irisieren, 80  
 Isländer Doppelspat, 84  
 isochromatische Kurven, 96  
 isogenetisch, 184  
 Isoklinalfalten, 32  
 Isoklinalität, 32  
 Isolatoren, 98  
 isometrisch, 68, 90  
 isometrischer Habitus, 90, 110  
 isomorphe Reihe, 108  
 — Substanzen, 108  
 Isomorphie, 108  
 —, Grade der, 108  
 Isostasie, 96  
 isotroper Körper, 74  
 Isotropie, optische, 86  
 Isotypie, 108

## J

Junge Ergussgesteine, 186  
 jungvulkan. Ergussgesteine, 136  
 Juraformation, 50  
 juveniles Wasser, 24  
 Juxtapositionszwillinge, 72

## K

Kälte, 106  
 Kalilauge, 102  
 Kalireihe, 124  
 Kalium-Magnesiumsalze, 154  
 Kalkalgen, 162  
 Kalkalkaligranit, 134  
 Kalkalkalireihe, 134  
 Kalkalkalisyenit, 134  
 Kalkboden, 146  
 kalkige Gesteine, 150  
 kalkiges Bindemittel, 148  
 Kalkkonkretionen, 146  
 Kalkschlick, 142  
 Kalksilikatgesteine, 162, 170  
 Kalksinter, 152  
 Kalktuff, 152

Kambrische Formation, 50  
 Kammer (Pal.), 60  
 Kanadabalsam, 90  
 Kanal, 150  
 Kannelkohle, 156  
 Kante, 62  
 Kantenwinkel, 62  
 Kaolin, 146  
 Kaolinitlagerstätten, 178  
 Kaolinisierungsrinde, 196  
 Kap, 28  
 kapillare Kräfte, 154  
 Karbonatisierung, 186  
 Karbonate, 104  
 —, rhomboedrische, 62  
 Karbonformation, 50  
 Kardinalsepten, 58  
 Kardinalzone, 52  
 Katagesteine, 166  
 Kataklaste, 166  
 Katamarmor, 170  
 Katazone, 166  
 Kation, 102  
 Kaustobiolithe, 156  
 Keewatin, 50  
 Keewenawan, 50  
 Kegel, 46  
 kegelförmiger Berg, 42  
 — Hügel, 38  
 keilförmiges Präparat, 86, 94  
 keilen aus, *see* auskeilen, 180  
 Kelch, 56  
 Kelchdecke, 56  
 kennzeichnender Name, 126  
 Keratophyr, 138  
 Kersanit, 136  
 Kern der Erde, 114  
 Ketten jungen Gebirge, 30  
 Keuper, 50  
 Kiers, 144  
 Kiesbank, 140  
 Kieselgesteine, 154  
 Kieselgur, 154  
 kieseliges Bindemittel, 148  
 Kieselchiefer, 154  
 Kieselensäure, 126  
 Kiesel-sinter, 46, 154  
 Kieselsager, marine, 178  
 Kieslagerstätten, intrusive, 176, 192  
 Klappen (Pal.), 52  
 Klassen (Pal.), 52  
 klastische Sedimente, 144  
 Kleinintrusion, 130  
 Klima, 14  
 Klimabedingungen, 14, 178  
 klimatische Bedingung, 14  
 Klima, tropisches, 14  
 Klinocbae, 70  
 Klinodoma, 70  
 Klinopinakoid, 70  
 Kluftmineralien, alpine, 198  
 Kniefalte, 32  
 Knotenschiefer, 162  
 Kobaltnitrat, 106  
 Kobaltsolution, 106  
 Körnerpräparat, 90  
 Koeffizienten, 66  
 Königswasser, 104  
 körnige Gesteine, 132  
 körniges Gefüge, 110  
 Körper (Pal.), 56  
 —, amorpher fester, 74  
 —, anisotroper, 74  
 —, geologischer, 128

- Körper, homogener, 62  
 — isotroper, 74  
 Körperspiculae, 60  
 Kohäsion, 74  
 Kohäsionseigenschaften, 76  
 Kohle, 106, 156  
 Kohlendioxyd, 6, 44  
 Kohlenisenstein, 178  
 Kohlengase, 156  
 Kohlegesteine, 156  
 Kohlensäure, 102  
 kohlige Substanz, 150  
 Kohlenwasserstoffe, 158  
 Kokardentextur, 182  
 kolloidal, 144  
 kolloidale Kieselsäure, 142  
 kolloidarm, 146  
 Kollolith, 90  
 Kombination, 62  
 Kompensation, 94  
 Komponente, 36  
 komprimierte Luft, 26  
 kondensieren, 122  
 Kondensor, 88  
 Konglomerat, 10, 148  
 konkordante Schichten, 30  
 Konkretion, 142  
 konkretionär, 112  
 konoskopische Beobachtungs-  
 methode, 94  
 Konstanz der Symmetrie, 68  
 Konstitution, chemische, 108  
 Kontakt, 118, 162  
 Kontaktgang, 180  
 Kontaktlagerstätten, 176, 194  
 Kontaktmetamorphose, 162  
 Kontaktminerale, 162  
 kontaktpneumatolitische  
 Lagerstätten, 194  
 Kontaktzone, 162  
 Kontinentalbewegung, 36  
 Kontinentalschelf, 8  
 Kontraktion, 16, 132  
 Konus (Pal.), 54  
 konvergenter Licht, 94  
 Konvergenzlinse, 96  
 Konvektionströme, 118  
 Konzentration, 172  
 Konzentrationslagerstätten, 196  
 Konzentrationvorgänge, 174  
 konzentrische Schale, 130, 134  
 konzentrisch-schalig, 110  
 Korphild eines Kristalls, 66  
 Kopschild, 56  
 Koralle, 58  
 Koralleninsel, 150  
 Korallenriff, 150  
 Korallen, riffbildende, 150  
 Korallensand, 150  
 Korallenschlamm, 150  
 Korallenkalk, 150  
 Korngrösse, 110, 144  
 Kornvergrößerung, 162  
 Korrosion, 18  
 Korrosion, 132  
 Korrosionszone, 132  
 Kraft, explosive, 42  
 Krater, 38  
 —, parasitärer, 38  
 Krateröffnung, 42  
 Kreide, 150  
 Kreideformation, 50  
 Kreuz, dunkles, 96  
 Kreuzschichtung, 13, 140  
 kreuzende Gänge, 182  
 Kristall, 62  
 Kristallabbildung, 66  
 Kristallabscheidung, 118  
 Kristallachse, 64  
 Kristallaggregat, 62, 68, 72  
 Kristallaufstellung, 66  
 Kristallausscheidung, 132  
 Kristalldurchschnitt, 90  
 Kristallfläche, 62  
 Kristallform, 68, 90  
 kristallin, 132  
 kristalline Kalk, 162  
 kristalline Schiefer, 164  
 Kristallisation, 118, 130  
 Kristallisationsdifferentiation,  
 118  
 Kristallisationsschieferung, 166  
 168  
 Kristallisationsstadium, 42  
 Kristallisiert, 62  
 Kristallite, 134  
 Kristallklasse, 68  
 Kristallographie, 62  
 Kristallprojektion, 66  
 Kristallsandstein, 154  
 Kristallstruktur, 64  
 Kristallsymmetrie, äussere, 64  
 Kristallsystem, 68  
 Kristallungrenzung, 132  
 Kristallwachstum, 68  
 Kristall, verzerrter, 64  
 Kristallwasser, 104  
 Kristallwinkel, 62  
 Krümmung, 20  
 krummschalig, 110  
 Krustenbewegung, 28  
 Krusteneisenerz, 196  
 kryptokristalline Aggregate, 110  
 — Grundmasse, 124  
 kryptovulkanisches Beben, 28  
 kubisches System, 68  
 Küste des Meeres, 26, 140  
 Küstendüne, 140  
 Küstenfazies, 142  
 Küstenlinie, 26  
 Küstenzone, 142  
 Kugel, 66, 134  
 kugelförmige Kerne, 130  
 kugelige Absonderung, 134  
 — Form, 110  
 Kugeltxtur, 130  
 Kupferschiefer, 178  
 Kurkumapapier, 104  
 Kurven gleichen Gangunter-  
 schieds, 96  
 —, isochromatische, 96  
 —, lemniskatenähnliche, 96  
 kurzsäulige Kristalle, 90, 110  
  
**L**  
 Labradorisieren, 80  
 Ladung, elektrische, 98  
 Länge eines Kristalls, 90  
 Längsachse, 66  
 Längskanal (Pal.), 56  
 Längsprofil, 20  
 Längsspalte, 24  
 Längstal, 22  
 lagenförmig, 182  
 Lagentextur, 182  
 Lager (Erz.), 178  
 — (Petr.), 130, 158  
 — (Strat.), 48  
 Lagergang, 130, 180  
 Lagerstätten, 172  
 Lagerstättenkunde, 6  
 Lagerstättenlehre, 2  
 Lagerung, diskordante, 30  
 —, durchgreifende, 30  
 —, geneigte, 30  
 —, konkordante, 30  
 —, seigere, 32  
 Lagerungsstörung, 30  
 Lagune, 150  
 Lakkolith, 128  
 Lakmuspapier, 104  
 Lamellibranchiaten, 52  
 lamprophyrische Reihe, 136  
 Landspitze, 26  
 Lapilli, 40  
 Lasaulx'sche Methode (Opt.),  
 96  
 lateraler Schub, 36  
 Lateralsekretion, 196  
 Laterit, 146  
 Lateritrinde, 178  
 Lava, 38, 132  
 —, dünnflüssige, 42  
 —, viskose, 42  
 Lavine, 18  
 Leeseite, 140  
 Lehm, 146  
 Lehmboden, 146  
 Leibeshöhle, 58  
 leichtflüchtige Bestandteile, 116  
 leistenförmige Kristalle, 132  
 Leiter, elektrische, 98  
 Leitfossil, 48  
 Leitmneralien, 166  
 lemniskatenähnliche Kurven, 96  
 lepidoblastische Struktur, 168  
 Letten, 146  
 Lettenbesteg, 182  
 leuchtende Flamme, 104  
 Leucit, 138  
 Leucitphonolith, 138  
 Leucitsyenit, 136  
 Leucitsyenitporphyr, 136  
 leukokrate Gemengteile, 128  
 Lias, 50  
 Licht, auffallendes, 96  
 —, durchfallendes, 92  
 —, gewöhnliches, 82  
 —, polarisiertes, 82  
 Lichtarten, 82  
 Lichtbrechung, 82  
 —, absolute, 92  
 —, relative, 92  
 Lichtenergie, 80  
 Lichtgeschwindigkeit, 82, 84,  
 94  
 Lichtlinie, 92  
 Lichtstrahl, 82  
 Liegendes, 180  
 liegende Falte, 32  
 — Scholle, 34  
 Ligament, 54  
 Lignit, 156  
 Limburgit, 138  
 lineares Beben, 40  
 Lineareruption, 44  
 linear polarisiertes Licht, 84  
 Linearprojektion, 68  
 linearer Ausdehnungskoeffizient,  
 98  
 Linse, (Opt.), 88  
 — (Erz.), 178  
 Linsengang, 180

Linsensystem, 88  
 Liparit, 138  
 Lipoblolithe, 156  
 liquide Entmischungss segregate,  
 192  
 liquidmagmatisch, 116  
 lithophile Elemente, 114  
 Litoralfazies, 142  
 Loben, 56  
 Lobenlinie, ammonitische, 50  
 —, ceratitische, 56  
 lockere Trümmeredimente, 111  
 Lockerprodukte, 142  
 Lockerung der Gesteine, 16  
 longitudinale Wellen, 30  
 lösliche Mineralien, 104  
 Löslichkeit, 104  
 Löslichkeitstemperatur, 186  
 Löslichkeitsverminderung, 16,  
 114  
 Löss, 146  
 Lösskind, 146  
 Lösslehm, 146  
 Lösung, 10, 144, 176  
 —, chemische, 16  
 —, schwere, 76  
 —, wässrige, 102, 122  
 Lösungsmittel, 16, 106  
 Lot, 66, 84  
 Lötrohr, 104  
 Lötrohranalyse, 104  
 Lötstelle, 98  
 Luft, 84, 140  
 Luftströmung, 8  
 Lufttemperatur, 8  
 Luminiszenz, 80  
 Luvseite, 140  
 Lunula, 54  
 Luxullianit, 86  
 Lydit, 154

## M

Maartypus, 49  
 Mächtigkeit, 12, 188  
 magerer Ton, 144  
 Magma, 88, 116  
 magmatische Lagerstätten, 192  
 magmatische Lösung, 116, 170  
 magmatische Stadium, 120  
 magmatisches Stadium, 120  
 magmatischer Ursprung, 24  
 Magmenintrusion, 28, 128, 102  
 Magnesiasilikate, 196  
 Magnesiasilikaten, 106  
 Magnesitlagerstätten, 178  
 magnetische Eigenschaften, 100  
 —, Induktion, 100  
 —, Influenz, 100  
 Magnetismus, induzierter, 100  
 —, permanenter, 100  
 Magnetit-Apatitlagerstätten, in-  
 trusive, 192  
 Makroachse, 70  
 Makrodoma, 70  
 Makropinakoid, 70  
 makroskopisch, 144  
 Malchit, 196  
 Malm, 50  
 Mandelfüllung, 194  
 Mandelstein, 190  
 Manganzlagerstätten, marine,  
 178  
 Mantel, 82  
 Mantelismus, 54  
 marin, 28

marine Abrasionsfläche, 26  
 —, Abtragung, 26  
 —, Entstehung, 150  
 —, Schlamm, 146  
 —, Sedimente, 142  
 —, Ton, 140  
 Marmor, 162  
 Masse eines Körpers, 76  
 massige Gangtextur, 182  
 —, Gesteine, 134  
 Materie, organische, 16  
 Mattkohle, 166  
 Mauer (Pal.), 60  
 mechanisch, 166  
 mechanische Umformung, 166  
 mediterrane Sippe, 124  
 Medium, optisch dichteres, 82  
 —, optisch dünneres, 82  
 Meeresbecken, 154  
 —, abgeschnürtes, 178  
 Meeresboden, 8  
 Meeresküste, 26, 140  
 Meerespiegel, 14, 28  
 Meeresströmung, 26  
 Meerwasser, 8, 150  
 melanokrate Gemengteile, 128  
 Mengenverhältnis, 6  
 Mergel, 146  
 Mergelboden, 146  
 Mesenterialfalte, 58  
 Mesogesteine, 166  
 mesozoische Gruppe, 50  
 Mesozone, 166  
 Metakieselsäure, 102  
 Metall, 104, 106, 172  
 metallartiger Glanz, 78  
 Metallganz, 78  
 metallhaltige Mineralien, 172  
 Metallkern, 114  
 Metallkorn, 106  
 Metallschmelze, 114  
 Metamorphose, 160  
 metamorphe Umwandlung, 160  
 Metasapten, 58  
 Metasomatose, 160  
 miarolithische Randzone, 194  
 Micron, 90  
 Migmatit, 170  
 Mikrolithe, 134  
 mikrogranophyrische Struktur,  
 134  
 mikrokristallin, 110, 132  
 Mikroskop, 88  
 mikroskopisch, 88  
 Mikroskopisch, 88  
 Mikroskopstabus, 88  
 milchig, 78  
 Mineral, 110  
 Mineralaggregat, 110, 172  
 —, amorphes, 110  
 —, kristallines, 110  
 Mineralbestand, 126, 172  
 Mineralgehalt, 180  
 Mineralisation, 180  
 mineralisieren, 180  
 mineralisierende Gase, 176  
 Mineralagerstätten, 11  
 Minerallösung, wässrige, 176  
 Mineralneubildung, 166  
 Mineralogie, 2  
 Minette (Petr.), 136  
 Minetteerz, 178  
 Miozin, 50  
 Mischbarkeit, 108, 118  
 —, begrenzte, 118  
 Mischbarkeit, isomorphe, 108,  
 120  
 —, lückenlose, 108  
 Mischkristall, 108  
 Mischungslücke, 108  
 Missouri, 196  
 mittelkörnig, 132, 144  
 mittelkörnige Aggregate, 110  
 Mittellinie, spitze, 86  
 —, stumpfe, 86  
 Mittelmoräne, 24  
 Mittelpunkt, 64  
 Mittelschenkel, 32  
 mittlerer Glanz, 78  
 mögliche Flächen, 72  
 Mörtelkranz, 168  
 Mörtelstruktur, 168  
 Mofette, 44  
 Molekül, 102  
 molekulare Umwandlung, 142  
 Molekularverhältnis, 120  
 Molekularprozent, 124  
 Molekularvolumen, 141  
 monoklines System, 68  
 Monomymarier, 54  
 monotrope Umwandbarkeit, 108  
 Moor, 156, 178  
 Moorboden, 146  
 Moosflora, 156  
 Moräne, 24  
 Moränenbreccie, 146  
 Morphologie, 4  
 morphotrope Beeinflussung, 108  
 Morphotropie, 108  
 Mündung, 20  
 — (Pal.), 54  
 Mulde, 32  
 Muldenachse, 32  
 Mund, 58  
 Muschelkalk, 50, 160  
 muschelliger Bruch, 78  
 Muskel, 62  
 Mutterlauge, 154  
 Muttermagma, 120  
 Mylonit, 148

## N

Nabel, echter, 54  
 Nadel (Min.), 90, 110  
 — des Mt. Felder, 42  
 nadeliger Habitus, 90, 110  
 Nagelfluß, 148  
 Nahrbein, 30  
 Naht, 54  
 Na-Liparit, 138  
 Naphta, 158  
 "nasser Weg" der Analyse,  
 104  
 Natronlauge, 102  
 Natronreihe, 124  
 Natronsee, 154  
 Natrontrachyt, 134  
 natürliches Glas, 132  
 Nebenfuss, 22  
 Nebengemengteil, 126  
 Nebengestein, 100  
 Nebengesteinsbruchstücke, 182  
 Nebensapten, 58  
 Nebulit, 170  
 Neck, 128  
 negativer Charakter der Dop-  
 pelbrechung, 86  
 negative Ladung, 98  
 negatives Vorzeichen, 66  
 Neigung einer Fläche, 64

Nema, 58  
 neomatablastische, Struktur, 168  
 Neozoische Gruppe, 50  
 Nephelinbasalt, 136  
 Nephelinbasanit, 138  
 Nephelinit, 138  
 Nephelintephrit, 138  
 Netzwerk, 192  
 Neubildung von Mineralien, 44, 166  
 neutrale Salze, 104  
 neutralisieren, 104  
 nichtaushaltende Gänge, 182  
 Nichterze, 4  
 Nichtleiter, 98  
 nichtleuchtende Flamme, 104  
 nichtumkehrbare Umwand-  
 barkeit, 108  
 Nickel-Magnetkieslagerstätten,  
 192  
 Nickelsilikatagerstätten, 178,  
 196  
 Nicol'sche Prismen, 88  
 Nicols, gekreuzte, 86, 92  
 niedere Algen, 18  
 Niederschlagsmenge, 8  
 nieriige Aggregate, 110  
 Nife, 114  
 Nitrate, 104  
 nivales Klima, 14  
 Nonius, 88  
 Norden, 32  
 Norm, 124  
 Normale, optische, 86  
 Normalstellung (Opt.), 96  
 nutzbare Lagerstätten, 174

## O

Oberflächenbedingungen, 188  
 Oberflächengestaltung, 188  
 Oberflächenkalk, 196  
 Oberflächenlava, 162  
 Oberflächenwasser, 44, 176  
 Oberlauf, 20  
 Obermarine, 24  
 Objekt, 88  
 Objektiv, 88  
 Objektisch, 88, 91  
 Objektträger, 90  
 Obsidian, 136  
 Odinit, 192  
 Öffnung, 38  
 Offfeld, 158  
 Okalk, 198  
 Olinie, 158  
 Olschiefer, 158  
 Ose des Platindrahtes, 106  
 offenes Röhren, 106  
 Oktaeder, 70  
 Okular, 88  
 Okularmikrometer, 90  
 Oligozän, 50  
 oolithische Eisenerze, 178  
 — Struktur, 152  
 opake Mineralien, 80, 96  
 Opakilluminator, 96  
 Opalisieren, 78  
 Operculum, 54  
 ophtische Struktur, 132  
 optisch anisotrop, 92  
 — dichteres Medium, 82  
 — dünneres Medium, 82  
 — einachsig, 86  
 — isotrop, 86

optisch negativ, 86, 88  
 — positiv, 86, 88  
 — zweiaxig, 86  
 optische Achse, 86  
 — Normale, 86  
 — Symmetrieachse, 86  
 Oralplatten, 58  
 ordentlicher Strahl, 84  
 Ordnung (Opt.), 86  
 — (Pal.), 52  
 organisch-biochemisch, 150  
 organische Säure, 18  
 — Materie, 16, 144  
 Organismen, 18  
 Orkan, 6  
 orogenetische Bewegungen, 36  
 Orthoachse, 70  
 Orthocera, 54  
 Orthodoma, 70  
 Orthogneis, 170  
 Orthokieselsäure, 102  
 Orthophosphorsäure, 102  
 Orthopinakoid, 70  
 Orthsbeben, 30  
 Os, 24  
 Osten, 32  
 Oszillation, 28  
 Oszillationszone, 188  
 Oval, 96  
 Ovoid, 152  
 Oxyd, 16, 104  
 Oxydation, 16, 104  
 Oxydationsflamme, 104  
 Oxydationszone, 176, 188  
 Ozean, 8  
 ozeanische Insel, 8

## P

Paläontologie, 4  
 Paläozoische Gruppe, 50  
 Paläozän, 50  
 Paläogenese, 170  
 panidiomorph körnige Gesteine,  
 192  
 Paragenese, 164, 184  
 Paragneis, 170  
 parallelperspektivisch, 66  
 Parallelstellung, 72, 76  
 parallelstengelig, 110  
 parallelstrahlig, 110  
 Parallelverschlebung, 64  
 Parallelverwachsung, 72  
 paramagnetische Mineralien,  
 100  
 Parameter, 66  
 parasitärer Krater, 38  
 Pazifischer Ozean, 150  
 pazifische Sippe, 124  
 Pegmatit, 174  
 Pegmatitgang, 122  
 pegmatische Lösung, 170  
 — Phase, 122  
 — Randzone, 122  
 pelagische Fazies, 142  
 Pelit, 144  
 Pentagondodekaeder, 70  
 Penetrationszwillinge, 72  
 Perforata, 60  
 perforate Gastropoden, 54  
 Peridotit, 134  
 Perimorphose, 112  
 Periode (Strat.), 48  
 Perle, 106

perlitische Struktur, 132  
 Perlmutterglanz, 78  
 permanent Magnetismus, 100  
 Perinformation, 50  
 Petrographie, 4  
 petrographisches Mikroskop, 88  
 petrographische Provinz, 124  
 Petroleum, 158  
 Petrologie, 4  
 Pfeller, 134  
 Pflanze, 18  
 Pflanzenstruktur, 156  
 Pfropfen, vulkanischer, 128  
 Phakolith, 128  
 Phase, 82  
 Phonolith, 138  
 Phosphate, 104  
 Phosphatagerstätten, 178, 196  
 Phosphorsalz, 106  
 Phosphoreszenz, 80  
 phosphoreszierend, 80  
 Photolumineszenz, 80  
 Pyllit, 108  
 phylogener Kalktuff, 196  
 physikalische Eigenschaften, 74  
 physikalischer Vorgang, 74  
 physikalisch-chemische Be-  
 dingungen, 116  
 Piezoelektrizität, 98  
 Pikrit, 138  
 pilzartige Form, 128  
 Pilzfelsen, 20  
 Pipe, 128, 184  
 pisolitische Struktur, 152  
 Plastolin, 96  
 Plateaubewegungen, 36  
 Platindraht, 106  
 plattige Absonderung, 134  
 plattiger Habitus, 110  
 Pleochroismus, 92  
 Pleuren, 56  
 plutonische Gesteine, 38  
 plutonischer Pfropfen, 128  
 Plutonite, 116  
 Pneumatolyse, 122  
 pneumatolytisches Stadium, 122,  
 176  
 pneumatolytische Verdrängungs-  
 lagerstätten, 194  
 poikiloblastische Struktur, 168  
 polare Achse, 98  
 Polarklima, 14  
 Polarisationsebene, 94  
 Polarisationsmikroskop, 88  
 Polarisator, 88  
 polarisiertes Licht, 82  
 Polarität, elektrische, 98  
 Polfigur, 66  
 polieren, 96  
 Polierfähigkeit, 98  
 Polierschiefer, 154  
 polierter Auschnitt, 90, 96  
 polierte Wände, 180  
 Polymorphie, 106  
 polymorphe Modifikation, 108  
 — Umwandlung, 108  
 Polypen, 58  
 polysynthetische Zwillinge, 72  
 Pore, 16  
 poros, 188  
 Porphy, 136  
 —, quarzfreier, 136  
 porphyrisch, 132  
 Porphyrit, 136, 138  
 Porphyroblasten, 168

porphyroblastische Struktur, 108  
 Porcellanea, 60  
 positiver Charakter der Doppelbrechung, 86  
 positive Ladung, 98  
 positives Vorzeichen, 68  
 praekambisches Grundgebirge, 170  
 primäre Entstehung, 126  
 primäres Erz, 188  
 primäre Teufenunterschiede, 186  
 Prisma (Opt.), 96  
 — (Krist.), 70  
 — 1. Stellung, 70  
 — 2. Stellung, 70  
 prismatischer Habitus, 90  
 prismatische Spaltbarkeit, 90  
 Proben im Röhren, 106  
 Profil, 184  
 Projektion, gnomonische, 68  
 —, lineare, 68  
 —, stereographische, 66  
 Propylitisierung, 186  
 Protoconch, 54  
 Protosepten, 58  
 Protozoen, 60  
 Provinz, petrographische, 124  
 Psammite, 144  
 Psephite, 144  
 Pseudomorphosen, 112  
 Pteropodenschlamm, 146  
 Puddingstein, 148  
 Punkterruption, 44  
 Purpurfarbe, 78  
 Pygidium, 58  
 Pyknometer, 76  
 Pyramide, 70  
 Pyramidenoktaeder, 70  
 Pyramidenwürfel, 70  
 Pyritisierung, 186  
 Pyroelektrizität, 98  
 pyroklastisches Material, 40

## Q

quadratisches System, 68  
 qualitative Analyse, 104  
 quantitative Analyse, 104  
 Quartärformation, 50  
 quarzfreier Porphyry, 138  
 Quarzgang, 174  
 —, turmalinführender, 176, 194  
 Quarzit, 148, 162  
 Quarzkeil, 94  
 Quarzkeratophyr, 138  
 Quarzporphyry, 138  
 Quecksilberspiegel, 106  
 Quelle, 22  
 —, (Erdgas), 158  
 —, heiße, 22, 44  
 —, intermittierende, 44  
 Quellgebiet, 20  
 Quellsuppe, 48  
 Querachse, 60  
 Querschnitt, 60  
 Querspalte, 24  
 Quertal, 22

## R

radialstrahlig, 110  
 Radialtäfelchen, 58

Radiolarien, 58  
 Radiolarienschlamm, 146  
 Radiolarit, 154  
 Rand, 120  
 randliche Umwandlung, 120  
 Randzone, pegmatitische, 122  
 Raseneisenerz, 178  
 rationale Achsenabschnitte, 68  
 rationales Vielfaches, 68  
 rauh, 144  
 Reagentien, 104  
 Reaktion, alkalische, 104  
 —, auf Kohle, 106  
 —, chemische, 102  
 Reaktionshof, 120  
 Reaktionspaar, 120  
 Reaktionsrand, 120  
 Reaktionsreihe, 120  
 reaktionsträge, 6  
 Reduktion, 10, 104  
 Reduktionsflamme, 104  
 Reduktionszone, 188  
 Reflexion des Lichtes, 82  
 Reflexionsfarbe, 98  
 —, innere, 98  
 Reflexionsgesetze, 82  
 Reflexionsplochroismus, 98  
 Reflexionsvermögen, 98  
 Reflexionswinkel, 82  
 Regen, 14, 18  
 Regentafel, 8, 154  
 regelmässige Schichtung, 12  
 Regionalmetamorphose, 164  
 reguläres System, 68  
 Reibung, 20, 160  
 —, innere, 118  
 Reibungsbreccie, 34  
 Reibungskonglomerat, 34  
 reicher Erzkörper, 174  
 Reichtum, Erz-, 174  
 Reihe, isomorphe, 108  
 Reihenfolge, 186  
 rein, 6  
 relative Lichtbrechung, 92  
 Relief, 98  
 Reliktstruktur, 168  
 Renghneis, 170  
 resorbieren, 132  
 Restion, 102  
 Restlösung, 118, 186  
 Restprodukt, 190  
 Restschmelze, 120  
 reziproker Wert, 66, 84  
 Rhadomosen, 58  
 Rhachis, 56  
 Rhombendodekaeder, 70  
 Rhombenporphyry, 138  
 rhombisches System, 68  
 Rhomboeder, 70  
 rhomboedrische Karbonate, 12  
 Rhyolith, 138  
 richtungslose Textur, 130, 168  
 Riff, 150, 180  
 riffbildende Korallen, 150  
 Ringelerz, 182  
 Rippel, 140  
 Ritzbarkeit, 78  
 Ritzhärte, 78  
 Röhren, geschlossenes, 106  
 —, offenes, 106  
 Röntgenstrahlen, 62  
 rote Farbe, 78  
 Roteisensteinlagerstätten, 194  
 roter Tiefseeton, 146  
 Rotliegendes, 50

rückgreifende Erosion, 22  
 ruhender Vulkan, 38  
 Rumpf, 58  
 runde Blase, 130  
 Rundhöcker, 24  
 Rundung, 10  
 Rutschfläche, 34

## S

Sattel (Pal.), 56  
 Sattigung, 120, 126  
 Säule, 134  
 säulige Absonderung, 134  
 säuliger Habitus, 110  
 Säure, 102  
 säurelöslich, 104  
 säureunlöslich, 104  
 Salband, 182  
 salische Mineralien, 120, 124  
 Salpetersäure, 102  
 Salz (Chem.), 104  
 Salze, neutrale, 104  
 Salzablagerung, 154  
 Salzboden, 196  
 Salzgehalt, 20  
 Salzlagerstätten, 154  
 Salzquelle, 24  
 Salzsäure, 102  
 Salzsee, 154  
 Salzwasser, 154  
 Sammelkristallisation, 162  
 Sand, 144  
 Sandbank, 140  
 Sandstein, 148  
 Saprokoll, 158  
 Saproel, 158  
 Sattel, 128  
 Sattelachse, 32  
 sattelförmig, 128  
 Satteltgang, 180  
 Satteltal, 22  
 Sauerquelle, 24  
 sauerstoffreiches Wasser, 188  
 Sauerstoffsalze, 188  
 Saumriff, 150  
 saure Gesteine, 126  
 Schale (Pal.), 52  
 Schalenöffnung, 54  
 schaliges Aggregat, 110  
 Schapbachgneis, 170  
 scharnierartige Zähne, 52  
 Scharung von Gängen, 182  
 schaumige Oberfläche, 40  
 Schauplatz der Metamorphose, 166  
 Scheidetal, 22  
 Scheidewand (Pal.), 54  
 schen inharer Winkel der optischen Achsen, 96  
 Schellfablagerung, 142  
 Schenkel einer Falte, 32  
 Schicht, 30, 48  
 Schichtaufrichtung, 30  
 Schichtdicke (Opt.), 80  
 Schicht, diskordante, 30  
 Schichthaltung, 30  
 Schichtfläche, 32, 34  
 Schichtfolge, 48  
 Schichtfluge, 112, 128  
 Schicht, gekräuselte, 32  
 Schichtgesteine, 48  
 Schicht, gestörte, 30  
 Schichtglied, 48  
 Schicht, konkordante, 30

- Schichtmulde, 22  
 Schichtquelle, 22  
 schichtige Rotelsensteinlagerstätten, 194  
 Schichtung, 12, 48  
 —, regelmässige, 12  
 —, unregelmässige, 12  
 Schiebung, 36  
 —, einfache, 78  
 schiefe Ausfaltung, 94  
 — Falte, 82  
 Schieferletten, 150  
 Schieferton, 150  
 Schieferung, 166  
 schiefrige Textur, 166  
 Schildvulkan, 42  
 schillern, 80  
 Schizolith, 198  
 schlackiges Gestein, 40  
 Schläuche von Erz, 178  
 schlafender Vulkan, 38  
 Schlamm, 144  
 Schlammprudel, 44  
 Schlammvulkan, 44  
 schlechte Wärmeleiter, 98  
 Schleifhärte, 98  
 Schlick, 146  
 Schlier, 178  
 schlierige Textur, 130  
 Schloss (Pal.), 52  
 Schlossplatte, 52  
 Schlossrand, 52, 54  
 Schlosszähne, 52  
 Schlot, 40  
 —, vulkanischer, 40, 128  
 Schluß, 144  
 Schlundrohr, 58  
 schmelzbar, 76  
 Schmelzbarkrit, 76  
 Schmelze, 116, 118  
 —, homogene, 116  
 —, intermediäre, 118  
 schmelzflüssige Gesteinmasse, 38  
 schmelzflüssiges Magma, 10  
 Schmelzfuss, 10, 118  
 —, gemischter, 118  
 Schmelzlösung, magmatische, 116  
 Schmelzpunkt, 76, 130  
 —, inkongruenter, 130  
 Schmelztemperatur, 116  
 Schmelzung, 106  
 Schmirgel, 158  
 Schnee, 14, 24  
 Schneegrenze, 24  
 Schnabel, 52  
 Schnecke, 54  
 schneckenartige Spirale, 54  
 schnellbares Mineral, 78  
 Schneldbarkeit, 78  
 Schnittpunkt, 64  
 Schollengebirge, 96  
 Schollenlava, 40  
 Schottermassen, 144  
 schrägschichtig, 142  
 Schramme, 24  
 Schraubung, 64  
 schriffgranitische Struktur, 134  
 Schrifttum, 100  
 Schub, lateraler, 96  
 —, tangentialer, 96  
 Schüttergebiet, 90  
 Schuppenstruktur, 32  
 schuppige Aggregate, 110  
 schuppige Struktur, 168  
 Schutbroccle, 148  
 Schuttgesteine, 18  
 Schutthalde, 18  
 Schuttkegel, 18  
 Schuttlast, 20  
 Schuttwannen, aride, 178  
 Schutzkolloid, 178  
 schwacher Glanz, 78  
 Schwämme, 60  
 schwammig, 152  
 Schwanzschild, 56  
 schwarze Farbe, 78  
 schwarzer Balken, 96  
 Schwefelbakterien, 178  
 Schwefeldioxyd, 42  
 Schwefelhaltige Gase, 42  
 Schwefelkreislauf, 178  
 Schwefellagerstätten, marine, 198  
 Schwefelquelle, 24  
 Schwefelsäure, 102  
 Schwefelwasserstoff, 104  
 schwere Lösungen, 76  
 schwerflüchtige Bestandteile, 116  
 Schwerkraft, 18  
 Schwermetalle, 114  
 Schwimmsand, 144  
 Schwingung (Opt.), 80  
 Schwingungsdauer, 82  
 Schwingungsrichtung, 81, 88  
 sechswertige Elemente, 102  
 Sediment, 144  
 Sedimentation, 142  
 Sedimentgestein, 10, 140, 141  
 sedimentäre Lagerstätten, 194  
 — Vorgänge, 176  
 See, 8, 140  
 Seebecken, 142  
 Seeheben, 28  
 Seeerz, 178  
 Seeufer, 148  
 Segment (Pal.), 56  
 Seidenglanz, 78  
 Seifen, 176  
 seiger, 32  
 Seismogramm, 30  
 Seismometer, 30  
 Seitenmoräne, 24  
 Seitensepten, 58  
 sekretionäre Lagerstätten, 196  
 sekundäre Anreicherung, 176, 190  
 — Mineralien, 126  
 — Zwillinglamellen, 78  
 seltene Erden, 174  
 senkrecht (Opt.), 84  
 Septalgrube, 58  
 Septarie, 144  
 Septen, 54  
 Sericitisierung, 186  
 Sial, 114  
 Sickerwasser, 190  
 Sicular, 58  
 Sicularum, 58  
 siderophile Elemente, 114  
 Siebstruktur, 168  
 Siedepunkt, 44  
 Silberkorn, 106  
 silifizierter Mineralien, 126  
 Silikate, 104  
 Silikathülle, 114  
 Silikatgestein, 178  
 Silikatmineralien, wasserfreie, 180  
 Silikatschmelzfluss, 116  
 Silurformation, 80  
 Sima, 114  
 Sinusfunktion, 82  
 Sinusschwingung, harmonische, 80  
 Sinusverhältnis, 84  
 Siphon, 56  
 Skalar, 74  
 skalare Zustandsgrösse, 74  
 Skalenocder, 70  
 skandinavischer Schild, 170  
 Skelett (Min.), 134  
 — (Pal.), 60  
 skelettartige Mineralformen, 110  
 Sklerometer, 78  
 skulpturieren, 20  
 Sohle, 186  
 Sohlfläche, 12  
 Sol, 178  
 Soie, 24  
 Solfataren, 44  
 Solfatarenstadium, 44, 122  
 Somites, 56  
 Sonnenuntergang, 40  
 Sonnenwärme, 154  
 Spaltbarkeit (Petr.), 150  
 — (Min.), 76, 90, 98  
 —, deutliche, 76  
 —, unvollkommene, 76  
 —, vollkommene, 76, 90  
 Spalte, 24, 90, 122  
 Spalteneruption, 44  
 Spaltenfüllung, 89, 138  
 Spaltengang, echter, 180  
 Spaltfläche, 76  
 Spaltform, 76  
 Spaltresse, 90  
 Spaltungsgesteine, 128, 136  
 Spaltungsrhomboeder, 84  
 Spaltwinkel, 90  
 Spannungsreihe, 98  
 Spessarrit, 136  
 spezifisches Gewicht, 76  
 Sphärolith, 134  
 sphärolithische Struktur, 134  
 Spiegelbild, 64  
 Spiegelebene, 64  
 Spiesse (Pal.), 60  
 Spindel, 54, 56  
 Spindelachse, 56  
 Spitze (Pal.), 54  
 spitze Bisektrix, 86  
 — Mittellinie, 86  
 Spirale, schneckenartige, 54  
 spaltiger Buch, 78  
 spröde Mineralien, 78  
 Sprüdigkeit, 78  
 Sprunghöhe, 34  
 Sprungweite, 34  
 stabil, 188  
 ständiger Grundwasserspiegel, 188  
 Stärke der Doppelbrechung, 84  
 — eines Erdstoss, 30  
 Staffelbruch, 34  
 Stahlquelle, 24  
 Stalagmit, 162  
 Stalaktit, 152  
 Stanken (Pal.), 52, 56  
 Staub, vulkanischer, 40  
 Stauband, 144

stehende Falte, 32  
 Steilhang, 33  
 Steilküste, 36  
 Steinkohle, 156  
 Steinsalz, 64  
 Stellung, geneigte, 30  
 —, selgere, 32  
 Stengel, 110, 134  
 stengelige Aggregate, 110  
 stengeliger Habitus, 90, 110  
 Steppenalkali, 154  
 stereographische Projektion, 66  
 Sternrubin, 80  
 Sternsapphir, 80  
 Stickstoffbakterien, 152  
 Stielforamen, 52  
 Stielglied, 56  
 Stielklappe, 52  
 Stipes, 58  
 Stirnmoräne, 24  
 Stirnrand (Pal.), 52  
 Stock, Erz-, 178  
 Stockwerk (Erz), 182  
 — (Strat.), 48  
 Strahl, 84  
 —, außerordentlicher, 84  
 —, ordentlicher, 84  
 Strahlengang, 88  
 Strahltrieb, 58  
 Strandablagerung, 142  
 Stranddüne, 140  
 Strandterasse, 28  
 Stratigraphie, 4, 48  
 stratigraphische Gliederung, 48  
 Stratovulkan, 42  
 Streichen, 32, 80  
 Streichrichtung, 32  
 Stress, 164  
 Strich, 78  
 Strichplatte, 78  
 Stricklava, 40  
 Strom, 20  
 —, Eruptiv-, 44  
 Strombett, 18  
 Stromschnelle, 20  
 Strudelkessel, 20  
 Struktur, 110, 130, 168  
 Stufe (Strat.), 48  
 stumpfe Bisectrix, 86  
 —, Mittellinie, 86  
 Sturm, 6  
 subaerisch, 14  
 Sublimat, 106  
 submarin, 14  
 submarine Exhalationslager-  
 stätten, 194  
 subseque Dolumitisierung,  
 163  
 Substanz, isomorphe, 108  
 Süden, 32  
 Südpol, 66  
 Süßwasser, 150  
 Sulfate, 104  
 Sulfatlagerstätten, sedimentäre,  
 198  
 Sulfatsee, 154  
 Sulfide, 44, 138  
 —, entmischte, 194  
 Sulfid-Oxydschale, 114  
 Sulfidschmelze, 114  
 Sumpf, 178  
 sumpfig, 156  
 suspendiertes Material, 142  
 Sutar, 56  
 Suturlinie, 56, 58

Syenitporphyr, 196  
 Symbol (Chem.), 102  
 — (Krist.), 66  
 Symbolisierung, 66  
 Symmetrieachse (Krist.), 64  
 — (Opt.), 66  
 Symmetrieebene, 64  
 — singuläre, 70  
 Symmetrieelemente, 70  
 Symmetriegrad, 64, 68  
 Symmetriezentrum, 64  
 symmetrische Auslöschung, 94  
 symmetrisch-lagenförmig, 182  
 syngenetisch, 152, 178  
 Synklinale, 32  
 Synklinallal, 22  
 Synklinorium, 32  
 System (Strat.), 48  
 — (Krist.), see Kristallsystem,  
 68

## T

tätiger Vulkan, 38  
 Tätigkeit, explosive, 42  
 tafeliger Habitus, 90, 110  
 Tafelschiefer, 160  
 Tagesoberfläche, 22  
 Tafel, 8, 20  
 Talbildung, 20  
 Talboden, 20  
 Taleinschnitt, 22  
 Talquelle, 22  
 Talterasse, 22  
 Talweg, 20  
 Talkschiefer, 168  
 Tang, 58  
 tangentialer Schub, 36  
 Tasche, Erz-, 178  
 Teer, natürlicher, 158  
 Teich, 8  
 Teilkreis, 88  
 Teilungsfläche, 32  
 teinte sensible, 94  
 Tektonik, 4  
 tektonisches Beben, 28  
 Temperatur, 8  
 Terrasse, 48  
 Terebratula, 52  
 terrestrisch, 140  
 terrestrische Tone, 146  
 — Sedimente, 140  
 tetartoedrische Klassen, 70  
 Tetraeder, 70  
 tetragonales System, 68  
 Tetrakissexader, 70  
 Teufe, 180  
 Teufenunterschiede, primäre,  
 186  
 Textur, 130, 166  
 Thalweg, see Talweg, 20  
 Theca, 56, 58  
 Theralith, 136  
 Theralithporphyr, 136  
 Thermalquelle, 22  
 thermale Umwandlung, 126  
 Therme, 22  
 thermische Ausdehnung, 98  
 — Eigenschaften, 98  
 Thermoelektrizität, 98  
 Thermolumineszenz, 80  
 Thermometamorphose, 162  
 Thermometer, geologisches, 108  
 Thon, see Ton, 144  
 Thorax, 56

Thoraxsegment, 56  
 Tiefengesteine, 128, 134  
 tiefere Sohlen, 186  
 tiefere Grundwasser, 190  
 Tiefsee, 8, 146  
 Tiefseefazies, 142  
 Tiefseemulde, 142  
 Tiefseeschlamm, 146  
 Tiefseeschwelle, 142  
 Tiefseeton, roter, 146  
 tiefvulkanische Vorgänge, 28  
 Tier, 18  
 Tierkörper, 18  
 Tigersandstein, 148  
 Tinguait, 136  
 Titanomagnetitlagerstätten, 174  
 193  
 Ton, 144  
 Tonboden, 146  
 Tonstein, 178  
 Tonschiefer, 150  
 Tonerde, 124  
 —, kolloidale, 144  
 Tonerdegehalt, 172  
 Tonerdeverbindungen, 114  
 toniges Bindemittel, 146, 148  
 Topasbildung, 186  
 Topographie, 8  
 Torf, 156  
 Totalreflexion, 84  
 —, Grenzwinkel der, 84  
 toter Arm, 22  
 Tracht, 110  
 Trachydolerit, 138  
 Trachyt, 138  
 Transgression, 28  
 Translation, 64, 76  
 transversale Schwingungen, 60  
 traubige Aggregate, 110  
 Travertin, 152  
 Triakisoktaeder, 70  
 Triakissteneder, 70  
 Triasformation, 50  
 Tribolumineszenz, 80  
 trichotisch, 92  
 trichterförmiger Vulkanschlöt,  
 42  
 trigonale Bipyramide, 70  
 trigonales Prisma, 70  
 — Trapezoceder, 70  
 triklinus System, 68  
 Trilobiten, 56  
 Tripel, 154  
 Tröpfchen, flüssige, 118  
 tropisch-arid, 14  
 tropisch-humid, 14  
 Trümmersedimente, 144  
 Trum, see Erztrum, 182  
 Tuba, 88  
 Tümpel, 158  
 Tuff, 40  
 турмалинführende Quarzgänge,  
 176  
 Turmalinisierung, 186  
 Turmalinsonne, 186  
 typomorphe Mineralien, 166

## U

Überdruck, 164  
 Überfaltung, 36  
 Überfallsquelle, 22  
 Übergang, 172  
 Übergangsteil, 126  
 überhitztes Wasser, 46



überkippte Falte, 32  
 — Schicht, 32  
 überkritischer Zustand, 122, 146  
 Überrest, 180  
 übersättigte Gesteine, 126  
 Überschiebung, 32, 36  
 Überschiebungsfläche, 28  
 Überschuss, 120  
 Überschwemmung, 28  
 Ufer, 8, 20  
 Uferböschung, 20  
 ultrabasische Gesteine, 126  
 Umbildung, 186  
 Umformung, bruchlose, 166  
 —, mechanische, 166  
 Umgang (Pal.), 54  
 Umhüllungs pseudomorphose, 112  
 Umkristallisation, 142  
 Umschmelzung, 170  
 Umwandelbarkeit, enantiotrope, 108  
 —, monotrope, 108  
 Umwandlung, 120, 126, 142, 160  
 —, randliche, 120  
 unbauwürdig, 174  
 undulatorische Wellen, 30  
 undulöse Auslöschung, 94  
 undurchlässige Gesteine, 22  
 unebener Bruch, 78  
 ungesättigte Gesteine, 126  
 ungeschichtete Massen, 10  
 ungespaltene Ganggesteine, 136  
 ungleichschalig, 54  
 ungleichwertig, 68  
 unlöslich, 104  
 unregelmässige Kristallaggre-  
 gate, 72  
 — Schichten, 10  
 unschmelzbar, 76  
 unsymmetrisch lagenförmig, 18  
 Unterdrückung von Sym-  
 metrieelementen, 70  
 unterglaziales Wasser, 24  
 Untergrund, 18, 30  
 untermeerisch, 14, 134  
 untersättigte Gesteine, 10, 126  
 Untersuchungen im parallelen  
 Licht, 92  
 Unterstufe, 48  
 Unterteilung, 128  
 unverändertes Erz, 188  
 unverwitterte Gesteine, 164  
 unvollkommene Spaltbarkeit,  
 76  
 Uralitisierung, 164  
 ursprüngliche Lage, 30  
 — Temperatur, 40  
 Ursprung (Krist.), 64  
 —, magmatischer, 24

## V

vadose Wasser, 24  
 Vakuum, 80  
 Vaseline, 158  
 Vektoren, 74  
 vektorielle Eigenschaften, 74  
 ventrale Kelchdecke, 56  
 Ventralklappe, 52  
 Verbindung (Chem.), 102  
 Verdampfung, 106  
 Verdampfungsdruck, 116  
 Verdampfungstemperatur, 186  
 Verdrängung, 144, 176

Verdrängungskörper, 176  
 Verdrängungslagerstätten, 176  
 vereinbarte Buchstaben (Krist.),  
 64  
 Vereisung, 24  
 Verfestigung, 10  
 Vergesellschaftung, 184  
 Vergrünung, 186  
 vergrössern, 85  
 Verjüngung eines Flusses, 22  
 Verkieselung, 154, 186  
 Verlagerung, 34  
 Vermoderung, 156  
 Versenkung, 28  
 Versenkungsmetamorphose, 198  
 Versteinerung, 48  
 Verteilung, 184  
 Verteilungsgesetz, geochemi-  
 sche, 114  
 Vertiefung, 8  
 Vertikalachse, 66  
 Vertikaldislokation, 30  
 Vertorfung, 156  
 Verwachsungsfläche, 72  
 Verwerfung, 34, 96  
 —, widersinnige, 34  
 Verwerfungsbrecie, 148  
 Verwerfungsfläche, 34  
 Verwerfungskonglomerat, 148  
 Verwerfungslette, 34  
 Verwerfungstal, 22  
 verwesendes Pflanzenmaterial,  
 178  
 Verwesung, 18, 156  
 verwittertes Gestein, 164  
 Verwitterung, 14  
 Verwitterungsgrad, 136  
 Verwitterungsrückstand, 146,  
 178  
 Verwitterungszone, 194  
 verworrenfasrig, 110  
 Verwurf, 34  
 verzerrte Kristalle, 64  
 Verzwillingung, 72  
 Vesuvtypus, 42  
 Vielfache, rationale, 68  
 Viellig, 72  
 vierwertige Elemente, 102  
 vierzählige Symmetrieachse, 64  
 viscerele Höhlung, 60  
 viskose Lava, 42  
 Viskosität, 42, 118  
 vitrophyrisch, 132  
 Vogesit, 136  
 Vollflächen, 70  
 vollkommene Spaltbarkeit, 76,  
 90  
 vollständige Mischbarkeit, 108  
 Volumen, 76  
 Vorderrand (Pal.), 52  
 Vorgang, physikalischer, 74  
 Vorgebirge, 26  
 vorherrschende Mineralien, 126  
 Vorzeichen, negatives, 68  
 —, positives, 66  
 Vulkan, 38, 42  
 —, erloschener, 38  
 —, ruhender, 38  
 —, tätiger, 38  
 —, schlafender, 38  
 Vulkanschlot, 38, 128  
 —, trichterförmiger, 42  
 vulkanische Asche, 40  
 — Bombe, 40  
 — Eruption, 42

vulkanischer Ausbruch, 40  
 — Staub, 40  
 vulkanisches Gestein, 138  
 Vulkanismus, 38  
 Vulkanite, 116

## W

Waage, 76  
 Wachs, 96  
 Wachstum, 110  
 Wärme, 10  
 Wärmeausdehnung, 98  
 Wärmenentwicklung, 160  
 Wärmeleiter, 98  
 Wärmeleitfähigkeit, 98  
 Wärmeleitung, 74  
 wässrige Lösung, 102  
 Walkerde, 140  
 Wallriff, 150  
 Wand eines Ganges, 180  
 Wange (Pal.), 56  
 Wanne, abflusslose, 154  
 warziges Aggregat, 110  
 Wasser, 8, 140  
 —, fließendes, 8  
 —, überhitztes, 46  
 Wasserdampf, 40, 44  
 Wasserfall, 20  
 Wassergehalt, 106  
 Wassermenge, 20  
 Wasserorganismen, 150  
 Wassersäule, 44  
 Wasserscheide, 22  
 Wasserstoffatom, 102  
 wasserfrei, 120  
 wasserlöslich, 104  
 wasserunlöslich, 104  
 wechsellagern, 42  
 Wegdifferenz, 64  
 weisse Farbe, 78  
 Weissenseerz, 196  
 Weiss'sche Koeffizienten, 66  
 Weite der Ausschwingung, 82  
 Wellen, longitudinale, 30  
 —, transversale, 30  
 —, undulatorische, 30  
 Wellenlänge, 82  
 Wellentätigkeit, 148  
 Wellenschlag, 26  
 Wert, reziproker, 66, 84  
 Wertigkeit, 102  
 Wertigkeitsstufe, 102  
 wesentliche Mineralien, 126  
 Westen, 32  
 Westphal'sche Waage, 76  
 Weizschiefer, 150  
 widersinnige Verwerfung, 34  
 widerstandsfähig, 176  
 Wiederausfällung, 176  
 Wiederholungswillinge, 72  
 Wind, 6  
 Windkanter, 20  
 Windrichtung, 8  
 Windschatten, 140  
 Windschliff, 20  
 Windsediment, 100  
 Windung (Pal.), 56  
 Winkel der optische Achsen,  
 scheinbarer, 96  
 Winkel der optische Achsen,  
 wahrer, 96  
 Winkel, einspringender, 72  
 —, gebrochener, 82  
 Winkelkonstanz, 68

- Winkeltraue, 68  
 Wirbel (Pal.), 54  
 wirksame Faktoren, 16, 164  
 Wirt, 90  
 wirtschaftlich, 174  
 Wissenschaften, geognostische, 2  
 Wohnkammer, 56  
 Wolframgänge, pneumatolytische, 194  
 Wollsackabsonderung, 134  
 Würfel, 62  
 Wüste, 154  
 Wüstengebiet, 14, 154  
 Wüstenlack, 154  
 Wulff'sches Netz, 68  
 Wurzel, 18, 56
- X**
- Xenoblasten, 168  
 xenomorph, 132
- Z**
- zähe Flüssigkeit, 24, 130  
 zähflüssig, 130  
 Zähigkeit, 38  
 Zähne, 52  
 —, scharnierartige, 52  
 Zahngrube, 52  
 Zahnpaar, 52  
 Zechstein, 50
- zeichnen, 66  
 Zeiträume, geologische, 10  
 Zementationszone, 188  
 Zentraleruption, 44  
 Zentralkanal, 56  
 zentrales Beben, 30  
 zentraler Schlot, 44  
 Zerklüftung, 24  
 Zersetzung, thermale, 126  
 Zerstörung, 14  
 Zerstörungsprodukte, 10  
 zerstreute Erzminerale, 164  
 Zerstückelung, 188  
 Zertrümmerungszone, 182  
 Zinnerzlagerstätten, 186  
 Zinngänge, pneumatolytische, 176, 194  
 zirkular polarisiertes Licht, 82  
 zirkulierende Oberflächenwasser, 102  
 zonale Anordnung, 186  
 Zone (Krist.), 62, 68  
 — (Strat.), 48  
 zonenförmige Anordnung, 162  
 Zonenkrieg, 68  
 Zonenverbund, 66  
 Zufuhr, 148  
 Zunge, 128  
 Zusammenhalt, 16  
 Zusammensetzung, 172  
 zusammengesetzte Deckoperationen, 64
- zusammengesetzte Gänge, 180  
 — Zwillinge, 72  
 Zusammenziehung, 16  
 Zustand, fester, 62  
 —, flüssiger, 62  
 —, fluider, 122  
 —, gasförmiger, 62  
 —, überkritischer, 186  
 Zustandsgrößen, skalare, 74  
 —, vektorielle, 74  
 zweiachsige Mineralien, 86  
 Zweischaler, 54  
 zweite Bisektrix, 86  
 zweiwertige Elemente, 102  
 Zwillinge, 72  
 Zwillinge, zusammengesetzte, 72  
 Zwillingssachse, 72  
 Zwillingsebene, 72  
 Zwillingssfläche, 72  
 Zwillingsgleitung, 76  
 Zwillingskristall, 72  
 Zwillingsslamellen, 76  
 —, sekundäre, 76  
 Zwillingssnaht, 76  
 Zwillingstellung, 72, 76  
 Zwischenklemmungsmasse, 132  
 Zwischenmasse, 130  
 Zwischenmoor, 156  
 Zwischenraum, 16  
 Zwitter, 186











